

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
SISTEMA DE EDUCACIÓN MODULAR PRESENCIAL
INTENSIVO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero
Civil**

**Estudio de Valoración del estado actual (Patología del Hormigón)
de la Estructura Hidráulica conocida con el nombre de Colector El
Colegio, ubicada en el Cantón Quito, Provincia de Pichincha**

Autor: Javier Perugachi Abad

Director de Tesis: Ing. Hernán Toledo

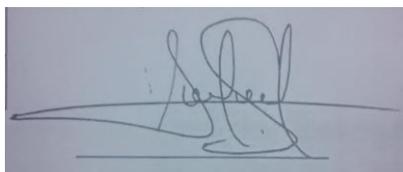
Quito, febrero de 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero **Hernán Toledo.**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: “ESTUDIO DE VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL (PATOLOGÍA DEL HORMIGÓN) DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA CONOCIDA CON EL NOMBRE DE COLECTOR EL COLEGIO, UBICADA EN EL CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA” del estudiante **Germánico Javier Perugachi Abad**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, marzo 16 de 2015

EL TUTOR

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is stylized and appears to read 'Hernán Toledo'.

Ing. Hernán Toledo

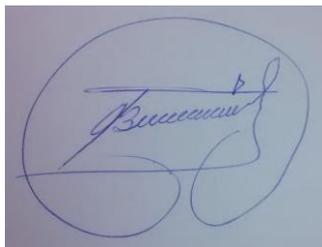
C.C. 1103214985

AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

Yo, Germánico Javier Perugachi Abad, declaro que el trabajo de investigación denominado: ESTUDIO DE VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL (PATOLOGÍA DEL HORMIGÓN) DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA CONOCIDA CON EL NOMBRE DE COLECTOR EL COLEGIO, UBICADA EN EL CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA, es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Quito, marzo 16 de 2015

EL AUTOR



Javier Perugachi Abad
C.C. 1714343991

DEDICATORIA

*A mis adorados padres pilares
de apoyo y comprensión, a mis
hermanos baluartes de alegría
en todo momento y a mis hijos
para motivar su superación que
en definitiva es mi razón de
vida, ... ¡mil gracias!*

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso: por permitir mi crecimiento dentro de una familia unida, llena de amor y comprensión.

A mis padres Miguel y María: por su cariño incomensurable, apoyo constante y los debidos consejos que han llenado de luz mi existencia.

A mis hermanos Hernán, Milton y Viviana: por los gratos recuerdos de su compañía y nuestro crecimiento, remembranzas de un maravilloso pasado.

A mis hijos Mishelle y Billy: por ser mi bendición y continuidad de la existencia, por ustedes el día a día es mi compromiso de lucha y superación, los llevo en mi corazón.

A las autoridades, personal docente, administrativo y compañeros estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador: entidad que me abrió sus puertas para continuar por el arduo camino de la superación y los logros soñados.

A los Ingenieros Fernando Mayorga, Luis Angulo y Hugo Torres: no solo por su amistad, sino por haberse convertido en los que me infundieron esa llama por la investigación y la excelencia.

Las palabras son insuficientes, pero a todos mil gracias.

ÍNDICE

PÁGINA

CARÁTULA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FOTOS, TABLAS – CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS	ix
RESUMEN	xiv
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	8
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Objetivo General	10
1.4.2 Objetivos Específicos	10
1.5 HIPÓTESIS	11
1.6 MARCO TEÓRICO	11
1.6.1 Criterios de Durabilidad en el diseño del hormigón	12
CAPÍTULO II	20
2. INFORMACIÓN DE ESTUDIOS PREVIOS	20
2.1 HIDROLOGÍA	20
2.1.1 Climatología	21
2.1.2 Pluviometría	22

2.1.3	Temperatura	23
2.1.4	Caudales	23
2.2	GEOLOGÍA	27
2.3	MECANICA DE SUELOS	29
CAPÍTULO III		38
3.1	ESTUDIO DE PATOLOGÍA DEL HORMIGÓN EN COLECTORES PRINCIPALES	38
3.1.1	Metodología propuesta para realizar la Evaluación Patológica a la estructura	39
3.1.2	Calificación Patológica de la estructura	40
3.1.2.1	Determinación de los diferentes Planos de Fallas	40
3.1.2.2	Informe de Investigación Preliminar (IP)	41
3.1.2.3	Informe de Investigación Profunda (IPE+IPV)	42
3.2	Desarrollo de Procesos	48
3.2.1	Recopilación de Información Base	48
3.2.1.1	Implantación	48
3.2.1.2	Características Geométricas del tramo en investigación del colector	49
3.2.2	Información Técnica obtenida In Situ	49
3.2.2.1	Identificación y ubicación de síntomas	49
3.2.2.2	Investigación Preliminar	50
3.2.2.3	Investigación Profunda	50
3.3	Anexos de Patología	54
CAPÍTULO IV		55
4.	ESTUDIO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL	55
4.1	ESTUDIO HIDRAÚLICO	55
4.1.1	Metodología de Evaluación Hidráulica para el Colector “El Colegio”	56
4.1.1.1	Velocidad en el Colector	56

4.1.2	Desarrollo de la Matriz de Evaluación Hidráulica del Colector El Colegio	59
4.1.3	Calificación Hidráulica	59
4.2	ESTUDIO ESTRUCTURAL	60
4.2.1	Metodología de Evaluación Estructural	61
4.2.1.1	Cargas en los Hombros (Horizontal Ph)	61
4.2.1.2	Cargas en la bóveda (Vertical Pv)	61
4.2.1.3	Cargas Sísmicas	62
4.2.2	Descripción del Método	62
4.2.3	Proceso de Calificación Estructural a sistemas existentes y en funcionamiento	65
4.3	ANEXOS HIDRÁULICOS Y ESTRUCTURALES	70
	 CAPITULO V	 71
5.	ESTUDIO DE COSTOS	71
5.1	PRESUPUESTO REFERENCIAL	72
5.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	72
5.3	CRONOGRAMA VALORADO	99
5.4	ESPECIFICACIONES TECNICAS	100
5.5	ANEXOS ESTUDIO DE COSTOS	101
	 CAPÍTULO VI	 102
6.1	CONCLUSIONES	102
6.1.1	Tramo PEC 93 – PCE 94 y PEC 94 – PCE 95	102
6.2	RECOMENDACIONES	103
6.2.1	Tramo PEC 93 – PEC 94 y PEC 94 - PEC 95	104
6.3	ANEXO FOTOGRÁFICO	106
6.4	GLOSARIO DE TÉRMINOS	107
6.5	BIBLIOGRAFÍA	114
6.6	ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO	115

ÍNDICES DE FOTOS, TABLAS - CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

ÍNDICE DE FOTOS

CAPÍTULO I

Colector El Colegio	1
Diferentes clases de tuberías	3
Ubicación del Colector El Colegio	6

CAPÍTULO II

Equipos Laboratorio de Mecánica de Suelos UPS	32
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1 Integralidad del Drenaje Urbano	2
Tabla 1.2 Cuadro Redes de Alcantarillado del DMQ	5
Tabla 1.3 Clases de concreto según la agresividad del medio ambiente	16

CAPÍTULO II

Cuadro Coordenadas UTM del área de estudio	21
Cuadro Estaciones Meteorológicas	22
Cuadro Precipitaciones Estación Iñaquito	22
Cuadro Estimación de la Temperatura media Estación Iñaquito	23
Cuadro Caudales medios mensuales colector El Colegio	25
Cuadro Período de retorno	26
Cuadro Caudal Admisible para diseño	26

Tabla 2.1 Descripción de Materiales encontrados en los sondeos	33
Tabla 2.2 Parámetros de Diseño Estudio de Suelos	37
CAPÍTULO III	
Tabla 3.1 Calificación Investigación Preliminar	44
Tabla 3.2 Calificación Investigación Profunda – Factores externos (IPE)	45
Tabla 3.3 Calificación Investigación Profunda – Vulnerabilidad de la estructura (IPV) HORMIGÓN	46
Tabla 3.4 Calificación Investigación Profunda – Vulnerabilidad de la estructura (IPV) RECUBRIMIENTO	47
Tabla 3.5 Calificación Investigación Profunda – Vulnerabilidad de la estructura (IPV) ACERO	48
Tabla 3.2.2.3-a Síntomas Detectados en tramos colector El Colegio	52
Tabla 3.2.2.3-b Principales actividades de reparación en tramos colector El Colegio	53
CAPÍTULO IV	
Tabla 4.1.1.1 Velocidades Máximas Admisibles por material y estructura	57
Tabla 4.1.1.2 Coeficientes de Rugosidad de Manning por material de revestimiento	58
Tabla 4.1.3 Calificación Hidráulica (colectores de H.A.)	60
Tabla 4.2.3 Calificación Estructural – Esfuerzos cortantes	66
Tabla 4.2.3.1 Modelación Estructural Tramo PCE 93 – PCE 94 (Condiciones Iniciales)	67
Tabla 4.2.3.2 Modelación Estructural Tramo PCE 93 – PCE 94 (Condiciones Actuales)	67
Cuadro Comparación de Momentos M0 – M1 (PEC 93 – PEC 94)	68

Tabla 4.2.3.3 Modelación Estructural Tramo PCE 94 – PCE 95 (Condiciones Iniciales)	68
Tabla 4.2.3.4 Modelación Estructural Tramo PCE 94 – PCE 95 (Condiciones Actuales)	69
Cuadro Comparación de Momentos M0 – M1 (PEC 94 – PEC 95)	69

CAPITULO V

Cuadro Presupuesto Referencial	72
Cuadros Análisis de Precios Unitarios	73

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura Diferentes formas de los colectores	4
Figura Relación entre los conceptos de durabilidad y comportamiento del concreto	13
Figura 1.1 Relación entre el comportamiento del concreto y concepto de vida útil de la estructura	18
Figura 1.2 Relación entre el comportamiento del concreto y concepto de vida útil de la estructura repotenciada mediante mantenimiento o rehabilitación	18

CAPÍTULO II

Figura Hoja Cartográfica de Nono	21
Figura Precipitación media mensual Estación Iñaquito	22
Figura Temperaturas medias mensuales Estación Iñaquito	23
Figura Mapa Geológico, Hoja Chaupicruz	27
Figura Ubicación Sondeos SPT colector El Colegio	31
Figura Carta de Plasticidad	36

CAPÍTULO III

Figura 3.1.2.1 Evaluación cualitativa estructural PUCE	41
Figura Conjunto de acciones que afectan a las estructuras	43

CAPÍTULO IV

Figura Dimensionamientos del colector El Colegio	59
Figura Modelación estructural (espectros de carga y nudos)	63

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPÍTULO III – PATOLOGÍA	54
--------------------------	----

ANEXO 1: Ficha Técnica para Registro en Campo

ANEXO 2: Plano Implantación General Proyecto – Hoja Raster

ANEXO 3: Plano Características Geométricas de la Estructura
Hidráulica, Especificaciones Técnicas e Información Base

ANEXO 4A: Plano de Fallas Tramo PEC 93 – PEC 94

ANEXO 4B: Plano de Fallas Tramo PEC 94 – PEC 95

ANEXO 5A: Matriz de Investigación Preliminar Tramo
PEC 93 – PEC 94

ANEXO 5B: Matriz de Investigación Preliminar Tramo
PEC 94 – PEC 95

ANEXO 6A: Matriz de Investigación Profunda –
Factores Externos (IPE) Tramo PEC 93 – PEC 94

ANEXO 6B: Matriz de Investigación Profunda –
Factores Externos (IPE) Tramo PEC 94 – PEC 95

ANEXO 6C: Matriz de Investigación Profunda – Factores Internos
(IPV) Tramo PEC 93 – PEC 94 Vulnerabilidad

ANEXO 6d: Matriz de Investigación Profunda – Factores Internos
(IPV) Tramo PEC 94 – PEC 95 Vulnerabilidad

ANEXO 7: Matriz Calificación Patológica de la Estructura

ANEXO 8: Plano de vulnerabilidad en Planimetría y Altimetría.

CAPÍTULO IV – HIDRÁULICOS Y ESTRUCTURALES 70

ANEXO 9: Matriz de Evaluación Hidráulica y Matriz de Calificación
de Riesgo Hidráulico

ANEXO 10: Matriz de Calificación Estructural por Esfuerzo cortante

CAPÍTULO V – ESTUDIO DE COSTOS 101

ANEXO 11: Plano diseño de armado nueva sección del colector

ANEXO 12: Cronograma Valorado

ANEXO 13: Especificaciones Técnicas

Salarios Mínimos por Ley – CONTRALORIA GENERAL DEL
ESTADO

CAPÍTULO VI

6.3 ANEXO FOTOGRAFICO 106

5.5 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO 115

- Ensayo a la Compresión de Núcleos de Hormigón
- Ensayo Esclerométrico en Hormigón
- Ensayos de Tensión en Aceros
- Ensayo Análisis Químico del Agua

RESUMEN

El presente trabajo de pregrado presenta procesos adecuados que se debe seguir al momento de realizar un estudio para determinar el estado actual de funcionamiento mecánico e hidráulico en las estructuras de conducción de caudales combinados. En este caso la investigación se realizó al colector El Colegio, ubicado en la parte nor-oriental de la ciudad de Quito, sector de Ponceano. Este sistema de alcantarillado en sus dos tramos de evaluación (220 m aproximadamente) se encuentra a una profundidad entre 16 y 18m bajo el nivel de vía, y presenta graves afectaciones a su estructura, cuyo material constructivo es íntegramente en hormigón armado. Para saber si la estructura aún puede seguir en funcionamiento, nos apoyaremos en la aplicación de conceptos y procesos técnico – científicos de la Patología del Hormigón, para que en función de ensayos en campo y laboratorio, se pueda determinar en qué etapa de su vida útil se encuentra o si por el contrario ya terminó con esta. Actualmente los procesos que utilizan las empresas de Saneamiento del país simplemente se enfocan en reconocimientos visuales que de manera general promueven ciertos procesos de mantenimiento en muchos casos errados o no coherentes con la verdadera situación de la estructura, por ello este trabajo demostrará que la aplicación de nuevas tecnologías de investigación a este tipo de estructuras si es posible y mejor aún determina verdaderos procesos de remediación y/o rehabilitación, con el menor gasto posible y en tiempos adecuados.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES



Fuente: Unidad de Colectores Principales, EMAAP-Q¹, 2008

El Sistema de Alcantarillado de la ciudad de Quito, está constituido por un conjunto de redes subterráneas (tuberías y colectores) de diferentes edades y materiales constructivos que son evaluadas y monitoreadas de manera periódica por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, entidad responsable del manejo y control de caudales combinados que son transportados por estos conductos y que se generan en todo el Distrito Metropolitano, de acuerdo a lo establecido por la Municipalidad en su Plan General de Desarrollo Territorial y políticas de expansión urbana.

¹

Actualmente Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS.

Tabla 1.1. Integralidad del Drenaje Urbano		
Item	Instalaciones	Características
1	Redes de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado.	Se definen en función de las características de la zona del proyecto, densidad poblacional, compatibilidad con sistemas existentes, etc. Su función principal será el recolectar, conducir y la disposición final de las aguas residuales.
2	Conexiones domiciliarias	Descarga o derivación de efluentes sanitarios y/o pluviales del domicilio a la red de alcantarillado.
3	Sumideros	Estructura destinada a captar las aguas de escorrentía superficial en las cunetas de calzadas y conducir las al sistema de alcantarillado.
4	Interceptores de aguas residuales. Conducciones principales y conductos de impulsión.	Son canales o tuberías que reciben caudales sanitarios o combinados de una serie de descargas transversales para conducirlos hacia una planta de tratamiento.
5	Facilidades de medición y muestreo.	Procesos mecánicos o automatizados en campo que permiten recolectar muestras de un volumen predeterminado con aplicación de técnicas y preservación hacia un laboratorio.
6	Instalaciones de regulación y alivio de los sistemas combinados.	Estructuras diseñadas con el propósito de separar los caudales que exceden la capacidad del sistema y conducirlos a otro de aguas lluvias o a un cuerpo receptor.
7	Estaciones de Bombeo.	Conjunto de estructuras, equipos y accesorios que permiten elevar el agua desde un nivel inferior a uno superior, energía de presión a un sistema hidráulico.
8	Instalaciones de tratamiento de aguas residuales.	Cuerpo receptor cuya función es cumplir con requisitos y procesos de calidad que permitan que el caudal recibido salga a un sistema con un bajo porcentaje permitido de contaminación.
9	Descarga final.	Estructura que permite la libre entrega de caudales a un cuerpo receptor natural en condiciones que el flujo no contaminante al medio, no erosione el cauce del elemento.
Nota: Documento sujeto a revisión.		

Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009

El Sistema de Drenaje Urbano en la ciudad de Quito, de manera general está integrado por diferentes tipos de instalaciones desde su inicio en las estructuras de captación, su conducción a través de redes de diferentes tipos y secciones, hasta su disposición final en las estructuras de descarga y posterior cuerpo receptor, como se puede observar en la Tabla 1.1. El sistema de conducción generalmente recibe caudales de tipo combinado; es decir, la unión de aguas lluvia y

residuales, bajo este orden los caudales a los que se ven sometidas las estructuras que lo conforman es producto de las múltiples actividades que se desarrollan en todos los sectores del Distrito Metropolitano. (Industriales, domésticas, comerciales, institucionales, etc). De acuerdo a los datos obtenidos en la EPMAPS, actualmente la longitud total de cobertura de las redes de alcantarillado en la ciudad de Quito es de aproximadamente 5 500.00 km, y de esta 545.21 km corresponde a colectores. Ante esta situación es necesario establecer estudios más profundizados de procesos de evaluación que permitan determinar con mayor detalle el estado actual del sistema de alcantarillado (vida de servicio) y su funcionamiento.

Las redes de alcantarillado se pueden clasificar de dos tipos:

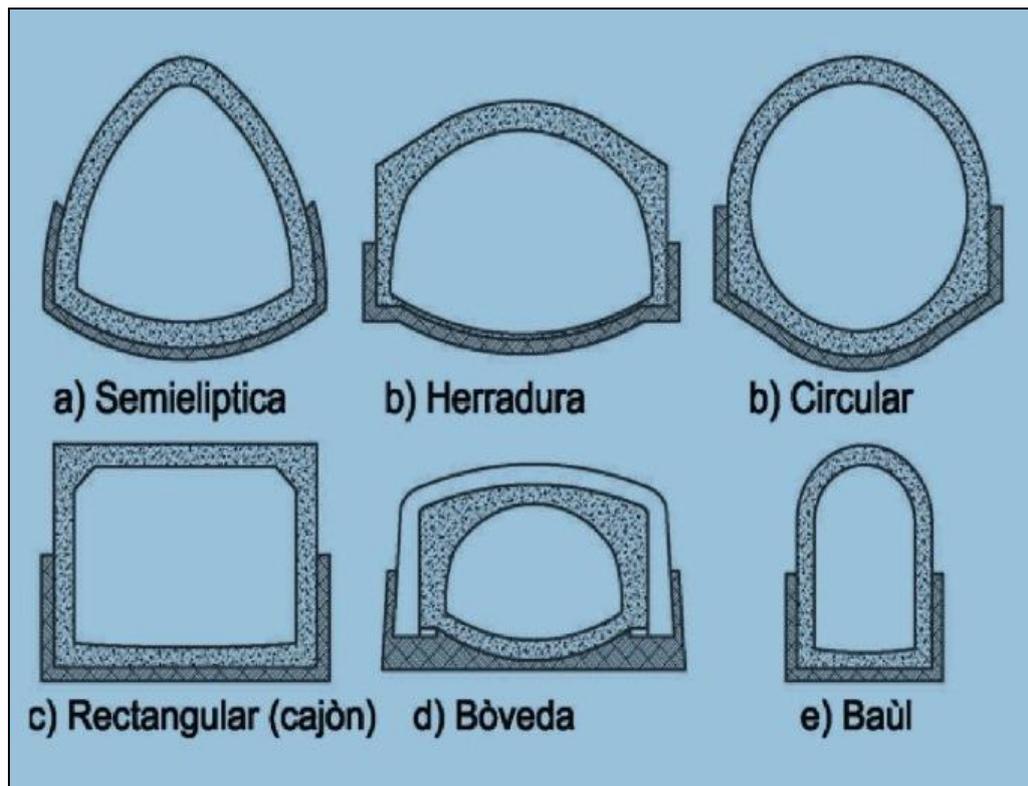
Aquellas que son construidas en fábrica y que se las conoce como tuberías, estas disponen de varios sistemas de acople entre ellas y son de sección circular. Su utilización está dada por la conducción de bajos volúmenes de caudales, bajas pendiente del terreno, velocidades no erosivas de flujo, inicio del sistema sanitario, etc. En el mercado actual ecuatoriano generalmente se fabrican en hormigón simple, hormigón armado, acero con o sin revestimiento interno, policloruro de vinilo (PVC), y polietileno de alta densidad (PEAD).



Fuente: www.frepik.es/fotos-vectores-gratis/tuberia

Así mismo, se tiene estructuras construidas en el lugar del proyecto, las cuales en la actualidad son de hormigón armado y de gran sección; sin embargo, estos elementos de conducción de flujos, conocidos como colectores aparecen alrededor de la década de los 50 y sus principales materiales de construcción fueron la piedra unida con argamasa para las paredes y piso, mientras que en la parte superior se realizaba

semicírculos con ladrillo o se colocaba pequeñas losas a lo largo del tramo. Su utilización se basa en la recolección de grandes volúmenes de caudal por el aporte de otros sistemas, altas pendientes, elevadas velocidades, tramos intermedios y finales de sistemas de gran longitud, etc. Entre las formas más conocidas en nuestro medio de colectores en su sección transversal tenemos los semielípticos, tipo herradura, circulares, rectangulares, y en tipo baúl o bóveda, los cuales se pueden observar en el siguiente esquema.



Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009

Los sistemas principales y secundarios de alcantarillado, han sido catastrados hasta la presente fecha en una longitud aproximada de 3 123.32 km y se estima que falta por catastrar alrededor de 2 376.68 km del total de las redes (véase Tabla 1.2); sin embargo, no se tiene un dato que precise cual es la longitud catastrada de colectores. Adicional a esto, los procesos de evaluación que desarrolla la EPMAPS, se basan netamente en metodologías de inspección visual, lo cual no establece un verdadero conocimiento del estado actual de la estructura y su funcionamiento mecánico.

Tabla 1.2
Resumen de Unidades Operativas EPMAPS
Cuadro Redes de Alcantarillado del DMQ

UNIDADES OPERATIVAS	Colectores Km	Red Secundaria Km	Pozos u	Sumideros u
CIUDAD				
NORTE	159,83	786,69	17602	25030
CENTRO	117,35	602,25	13695	17545
SUR	179,71	931,19	23380	29886
SUBTOTAL	457	2320,13	54677	72461

PARROQUIAS				
NORTE	72,58	233,41	5624	5927
CENTRO	15,74	24,57	626	331
SUR				
SUBTOTAL	88,32	257,98	6250	6258

TOTAL	545,21	2578,11	60927	78719
--------------	---------------	----------------	--------------	--------------

TOTAL REDES CATASTRADAS	3123,32 Km
ESTIMACIÓN REDES SIN CATASTRO	2376,68 Km
TOTAL REDES DE ALCANTARILLADO	5500,00 Km

Fuente: SIGAL

Fuente: Sistema Georeferenciado Alcantarillado, EPMAPS - 2013

La actual Administración de la EPMAPS, encargada del Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de alcantarillado de la ciudad de Quito, reconoce que no existen actualmente normas nacionales actualizadas ni elementos apropiados de supervisión para sistemas de drenaje urbano; no obstante, dentro de sus propósitos institucionales está el fortalecer procesos de evaluación acordes a las nuevas tecnologías constructivas y que permitan lograr una gestión más eficiente que garantice mejor prestación de servicios a la comunidad.

En la actualidad uno de los sistemas principales de alcantarillado del norte de la ciudad de Quito, conocido con el nombre de colector El Colegio, ubicado en el sector de Ponceano, junto al Estadio de la Liga Deportiva Universitaria, presenta graves daños en su estructura lo cual está ocasionando problemas subsecuentes como mala conducción de flujos sanitarios, asentamientos por infiltración al suelo de relleno circundante, malestar social por posibles daños a edificaciones, etc.

Ante esta situación, el presente trabajo tiene por objeto realizar procesos metodológicos de investigación in situ y en laboratorio, con el propósito de evaluar de manera técnico – científica los componentes constructivos y brindar un diagnóstico real de un tramo del colector El Colegio, a través de la aplicación de la Patología del Hormigón.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El colector El Colegio de acuerdo a la información proporcionada por la EPMAPS, fue construido por el año 1991, íntegramente en hormigón armado y a una profundidad promedio desde el nivel natural del terreno de aproximadamente 18 metros.



Fuente: Google Earth, 2013(Imagen) – Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008 (Trazado red)

Actualmente el Departamento de Alcantarillado de la EPMAPS, se encuentra realizando el mantenimiento del sistema de alcantarillado en este sector y ejecuta trabajos de inspección interna a varios colectores del lugar; sin embargo, cabe anotar que se ha detectado afectaciones severas en el colector El Colegio, determinando la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento correctivo y cambio total de la estructura en varios tramos del sistema en mención, no obstante,

intereses políticos determinaron la suspensión de nuevos estudios al interior y quedaron tramos de colector sin evaluar, de estos el tramo que se encuentra entre los pozos PV-95, PV-94 y PV-93 (véase imagen anterior Google Earth), no presentan registros de evaluación actualizada. Por tanto, el presente trabajo se centrará en estos tramos en particular, cuya longitud aproximada de estudio es de 215 m, con una sección transversal de 2.20 x 3.20 m y de forma tipo bóveda.

El colector El Colegio, de manera general está construido en hormigón armado, dispone de una losa de cimentación de 30 cm de espesor con andén en la gran mayoría de su trayecto, sus soleras y hombros son doblemente armadas, también con un espesor de 30 cm. Finalmente en su parte superior se tiene una bóveda de hormigón armado del mismo espesor de los otros elementos.

La primera inspección realizada al interior del colector, mediante metodologías de inspección visual, desde el pozo PCE-93 al pozo PCE-94 (denominación utilizada para este trabajo), es decir, aguas abajo o en sentido del flujo, presentó mayoritariamente el siguiente diagnóstico preliminar: Desgaste severo en solera y hombros por presencia de flujos a gran velocidad. La presencia de escombros y basura retenidos en los aceros descubiertos de la bóveda y hombros, evidencia la insuficiencia hidráulica en este tramo del colector. Por otro lado flujos de infiltración percolan de manera constante por las paredes del colector. Así mismo, se tiene presencia de ataque por cultivos biológicos al hormigón y corrosión en aceros. Una de las afectaciones de mayor magnitud detectada en este tramo es el desplazamiento horizontal de las bases de la bóveda, con una falla puntual de esta a los 60 m aproximadamente desde el pozo PCE-93, esta deformación puede ocasionar colapso de la estructura.

En cuanto al tramo desde el pozo PCE-94 al pozo PCE-95, se tiene similares afectaciones al tramo anterior, de igual manera se ha evidenciado desgaste por erosión en la solera y hombros, desplazamiento horizontal de la bóveda, etc. Finalmente, se tiene

presencia de corrosión en el acero, lo cual ha generado reducción del diámetro del acero de refuerzo.

Por lo anteriormente indicado, se puede concluir que la red principal de alcantarillado conocida con el nombre de colector El Colegio, en estos tramos anteriormente inspeccionados, se encuentra en un proceso degenerativo en su estructura; motivo por el cual, para contribuir con el proceso de reparación y/o rehabilitación, es necesario realizar un estudio profundizado de Patología, a fin de que se determine de manera técnica el estado actual de la estructura y recomendar las posibles soluciones técnicas de rehabilitación. En el caso de que la estructura requiera ser cambiada en su totalidad, es estudio que se presenta determinará las potenciales causas de afectación directa a este tipo de estructuras hidráulicas a fin de que se disponga de un adecuado y confiable proceso que permita a los Ingenieros una verdadera toma de decisiones ya sea para rehabilitar, reforzar o rediseñar los conductos subterráneos de drenaje urbano.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El colector El Colegio en los tramos de investigación propuestos, debe ser rehabilitado para mejorar la conducción de caudales combinados, los cuales actualmente por las condiciones de trabajo del sistema hidráulico, están afectando el entorno de su trazado por la fuga permanente de flujos fuera de la estructura, sobre todo en época invernal, que es cuando el colector trabaja a presión hidráulica. Esta situación ha venido generando zonas de inundación y, asentamientos de vías en zonas aledañas al sector, ocasionando gran preocupación a moradores del lugar.

En nuestro medio no es común la aplicación de evaluaciones mediante procesos de Patología, generalmente se han realizado a otro tipo de estructuras y edificaciones, prueba de ello es el estudio que se realizó al edificio de la Asamblea Nacional cuando sucumbió ante un incendio en años anteriores. Así mismo, no existe trabajos similares en

proyectos desarrollados para obtener el título de Ingeniería Civil, relacionado a este tipo de estructuras subterráneas en el país, de ahí la importancia de la presente investigación, cuyos procesos sustentados en la aplicación de conceptos y técnicas, permitirán a futuro que las evaluaciones a estas estructuras gocen de un verdadero y adecuado horizonte de investigación que permita saber con exactitud el estado funcional y vida útil de los sistemas principales de alcantarillado.

Por lo anteriormente expuesto, este trabajo propone la aplicación de métodos más profundizados en la evaluación de colectores, poniendo en conocimiento que si bien las metodologías de inspección visual son muy importantes, la extracción de muestras del elemento in situ, su valoración en laboratorio y el análisis de resultados obtenido, determinará con mayor grado de exactitud la condición de trabajo a la que está sometida la estructura y si garantiza un correcto funcionamiento para la cual fue diseñada.

Finalmente, para esta nueva técnica de investigación en nuestro país, se toma como base los siguientes parámetros anteriormente realizados por profesionales de la Ingeniería Civil, principalmente con la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento:

- Servicios de catastro de redes de canalización, de pozos de revisión, sumideros y descargas, del Distrito Metropolitano de Quito.
- Prestación de servicios para evaluación interna de colectores, topografía, diseño y dibujo de los componentes del sistema de alcantarillado en todo el Distrito Metropolitano de Quito.
- Prestación de servicios para realizar evaluación de estructuras hidráulicas en captaciones de quebradas en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Datos proporcionados por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, y

- Otros que sirvan para la elaboración del estudio.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Realizar el Estudio de Valoración del estado actual del Colector El Colegio, en sus tramos PCE-93, PCE-94 y PCE-95, mediante una evaluación patológica, hidráulica y estructural de este sistema principal de alcantarillado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico integral de la estructura, mediante la aplicación de metodologías de inspección visual y aplicación de procesos técnico-científicos de la Patología del Hormigón, que consisten en extracción de muestras, ensayos en laboratorio y metodologías de evaluación estructural, que permitan determinar las potenciales causas de afectación al colector El Colegio en sus tramos PCE-93, PCE-94 y PCE-95.
- Establecer las características geomecánicas y estratigráficas del suelo circundante del colector El Colegio en sus tramos PCE-93, PCE-94 y PCE-95, mediante ensayos en campo y laboratorio.
- Aplicar metodologías de evaluación hidráulica para determinar la funcionalidad del colector El Colegio en sus tramos PCE-93, PCE-94 y PCE-95, en la conducción de caudales combinados a gran velocidad.
- Elaborar un informe técnico que permita disponer de las herramientas confiables y adecuadas para la toma de decisiones, recomendando las posibles soluciones técnicas de rehabilitación, reforzamiento y/o rediseño de los tramos en estudio del colector El Colegio.

1.5. HIPÓTESIS

La Patología del Hormigón es el conjunto de procesos técnico-científicos que permiten una mejor determinación del estado de funcionamiento mecánico y vida útil de estructuras hidráulicas subterráneas, cuya función es la conducción de caudales.

1.6. MARCO TEÓRICO

La Patología del Hormigón, probablemente surge en 1824 con la patente de la fórmula del cemento portland por Joseph Aspdin, este maestro de obras quemó polvo fino de arcilla en un horno de cal, retirando el dióxido de carbono obtenido en este procedimiento, la sustancia obtenida la denominó cemento Portland por cuanto el color de esta era muy parecida a la piedra de Portland.

En el año de 1828 se da la primera aplicación de este cemento Portland en el túnel bajo el río Tamesis, en Londres, Gran Bretaña, debido a que el techo de este túnel había colapsado. Para su reparación se vertieron grandes cantidades de este cemento, lo cual permitió sellar la fractura y proceder a extraer el agua de la estructura. (<http://alexalfredoguillenpachas.blogspot.com/>)

Etimológicamente la palabra Patología viene del griego “paethothos” que significa sufrimiento o daño, y “logos” que significa estudio; es decir, la Patología del Hormigón es el estudio de los daños que se encuentran en las estructuras de hormigón.

Otro concepto de Patología del Hormigón, indica que es “el estudio sistemático de los procesos y características de las <<enfermedades>> o los <<defectos y daños >> que puede sufrir el concreto, sus causas, sus consecuencias y sus remedios.” (Sánchez de Guzmán, 2002: 82).

Por lo anteriormente señalado, la importancia de este tipo de estudios en nuestro medio, principalmente en la ciudad de Quito, se debe a que

la urbe siempre ha sufrido accidentes de origen climáticos como Geomorfológicos, relacionados con el escurrimiento de superficies perturbadas por el crecimiento urbanístico, cuya actividad humana ha ocasionado desestabilización de grandes áreas de terreno con notables consecuencias por inundaciones (zona baja de Ponceano, norte de la ciudad), derrumbes (a lo largo de la vía Simón Bolívar, Guápulo), hundimientos (El Trébol, La Marín, Ferroviaria, entre otros), etc.

Pero este fenómeno no es actual, “Los archivos españoles mencionan frecuentemente estos problemas desde el tiempo de la fundación de la ciudad de Quito, en 1534. Todavía en la actualidad, son raros los años en que no se produce ningún accidente.” (PELTRE 1989)

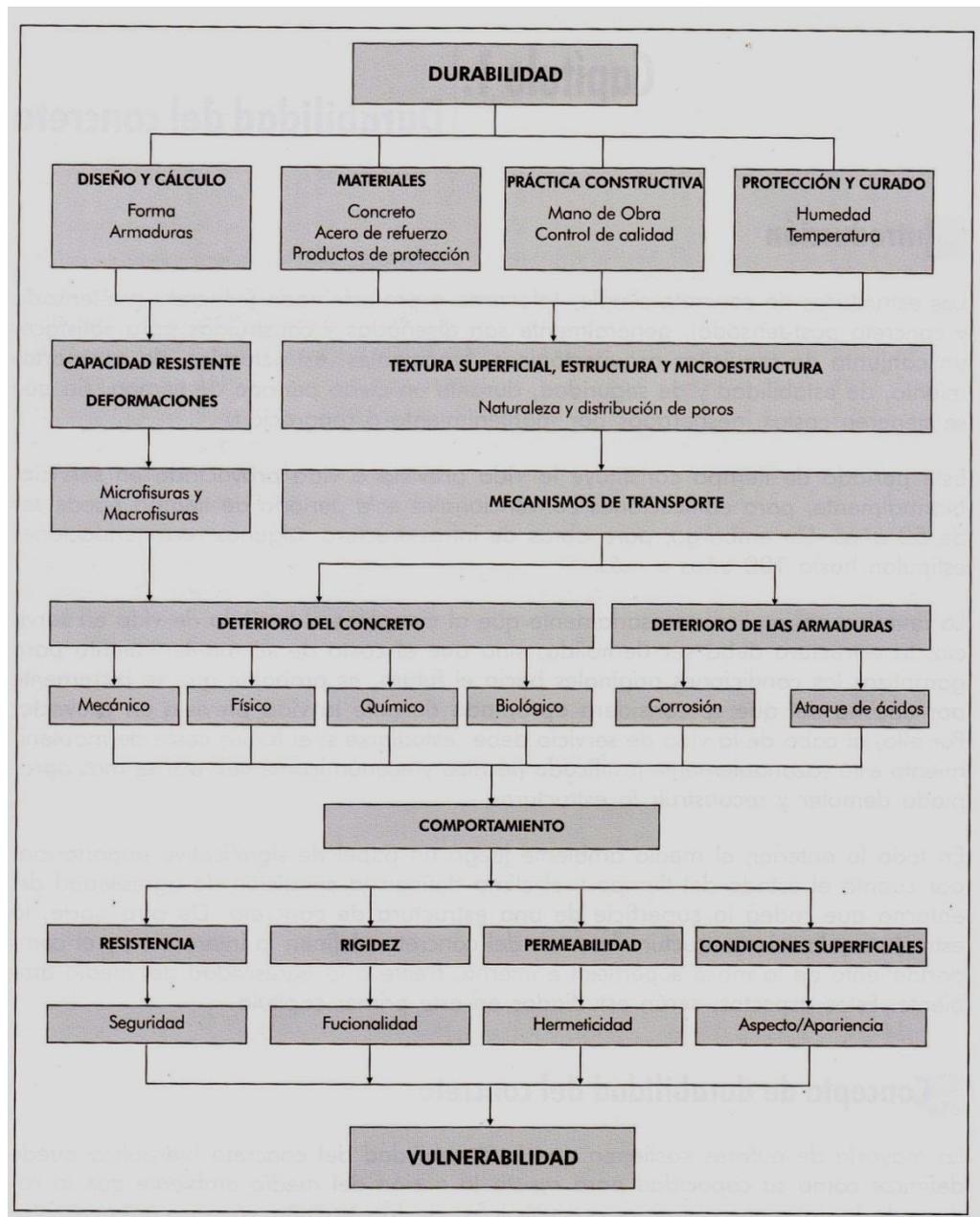
1.6.1 Criterios de Durabilidad en el diseño del hormigón.

“La mayoría de autores sostienen que la durabilidad del concreto hidráulico puede definirse como su capacidad para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de los ataques químicos o biológicos, de la abrasión y/o de cualquier otro proceso de deterioro”. (Sánchez de Guzmán, 2002: 13).

Del concepto anterior se desprende que las estructuras de hormigón, tienen como factores determinantes en cuanto se refiere a la durabilidad, al diseño y el cálculo de la estructura; es decir, se debe tomar muy en cuenta condiciones de geometría, así como materiales empleados en la construcción de la misma, y de manera subsecuente las buenas prácticas constructivas, las cuales acompañadas de procedimientos de protección y curado, pueden garantizar que se tengan elementos de diseño sin fallas de fábrica.

Cuando la capacidad de resistencia de las estructuras es sobrepasada, se empieza a evidenciar la presencia de deformaciones, microfisuras y/o macrofisuras propias de estructuras sometidas a grandes esfuerzos. Este deterioro mecánico debe tener un seguimiento que permita establecer tipo, tamaños y distribución de estas afectaciones. En el caso de estructuras hidráulicas de conducción de caudales

sanitarios, con mayor razón se debe identificar cada una de estas, pues los elementos líquidos, gaseosos o sólidos en suspensión y disueltos, apoyados por las condiciones internas del colector (temperatura, humedad, presión, etc), propagan el deterioro del hormigón y acero por efectos de acción física, química y/o biológica como si se tratase de una fuente acumulativa y constante.



Fuente: Durabilidad y Patología del Concreto

Dado que las condiciones superficiales, también son parte de este proceso de deterioro, es necesario definir como principalmente las condiciones del suelo circundante afectan de manera directa a la estructura, y esto a su vez como se refleja en los aspectos de seguridad, funcionalidad, hermeticidad y geometría del elemento. Todo esto determinará el comportamiento de la estructura a futuro ante la presencia y acumulación de las afectaciones anteriormente descritas. Los ensayos que se realicen in situ y laboratorio permitirán cuantificar y valorar al técnico, a fin de emitir un pronóstico y desarrollo de procesos de remediación, de ser el caso.

En la aplicación de procesos de la Patología del Hormigón con ensayos en campo y laboratorio para la evaluación de sistemas de alcantarillado se tiene grandes ventajas con respecto a las utilizadas por las empresas de Saneamiento a nivel nacional, siendo estas las siguientes:

- Disponibilidad de información muy confiable: Dispone de estudios más profundizados por la extracción de muestras de la estructura, las cuales son llevadas a laboratorio y sometidas a un severo análisis de resultados que permiten conocer de manera fehaciente resultados más concretos a los que se obtiene de una simple inspección visual.
- Remociones y sondeos no destructivos: La toma de muestras se las realiza en lugares donde no afectan al funcionamiento estructural ni hidráulico del colector, y en muchos de los casos se realiza la reposición de los elementos extraídos (testigo de hormigón y acero), con lo cual los elementos en estudio siguen con su funcionamiento normal.
- El Estudio contempla mayor cantidad de variables para su análisis: La Patología para este tipo de estudio en estructuras hidráulicas subterráneas, se apoya en la aplicación de conceptos y técnicas de otras ciencias como son la Geotécnica, la Hidráulica, la Hidrología, la

Geología y Estructuras a fin de establecer variables de análisis y criterios de diseño.

- El estudio profundizado también incluye ensayos y análisis de muestras para una evaluación física, mecánica, química, biológica y/o microscópica, que permitan establecer mecanismos de daño a la estructura (contraer la enfermedad) y su proceso de afectación en el tiempo (alguna etapa en su vida útil).
- Diagnóstico: al tener claro el estado en que se encuentra la estructura hidráulica, en base a los estudios realizados y la evaluación integral y de servicio, es posible generar un pronóstico optimista o pesimista sobre el futuro comportamiento del elemento.
- Pronóstico: pueden ser optimistas o pesimistas. De determinarse el primer caso, se puede emplear procesos que incluyan procesos adecuados de Intervención, como por ejemplo: la Preservación que ayuda a mantener a la estructura en su condición actual y contrarresta posibles deterioros a futuro (mantenimiento preventivo). Otra terapia de intervención puede ser la Restauración, proceso que mediante la aplicación de técnicas manuales o mecánicas permite restablecer los materiales, la forma y la apariencia que tenía la estructura en sus inicios (mantenimiento correctivo). Cuando la estructura evidencia severos procesos de deterioro y daño de sus componentes, la Reparación es una terapia adecuada que consiste en el reemplazo y corrección de partes deterioradas (mantenimiento curativo). Si esta reparación incluye restitución de elementos y procesos modificadorios a la estructura para que esta alcance una condición deseada, nos encontramos frente a una terapia de Rehabilitación (intervención de modificación). Finalmente en procesos avanzados de deterioro las estructuras o parte de ellas requieren procesos de intervención que incrementen su capacidad mecánica para resistir cargas, esta terapia se la conoce como Reforzamiento y está clasificada dentro de los procesos de intervención de repotenciación. Cuando el pronóstico es pesimista,

las posibilidades de intervención a la estructura mayoritariamente están dadas por procesos de amputación o de demolición propiamente dicha, dado que la estructura ya no se encuentra en capacidad de resistir cargas, sismos, o porque estuvo expuesta ante los efectos de incendios, explosiones u otras, las cuales pueden colapsar la estructura de manera inmediata o a corto plazo, bajo este escenario la Ingeniería forense como parte de la Patología del Hormigón, será la encargada de estudiar a la estructura colapsada.

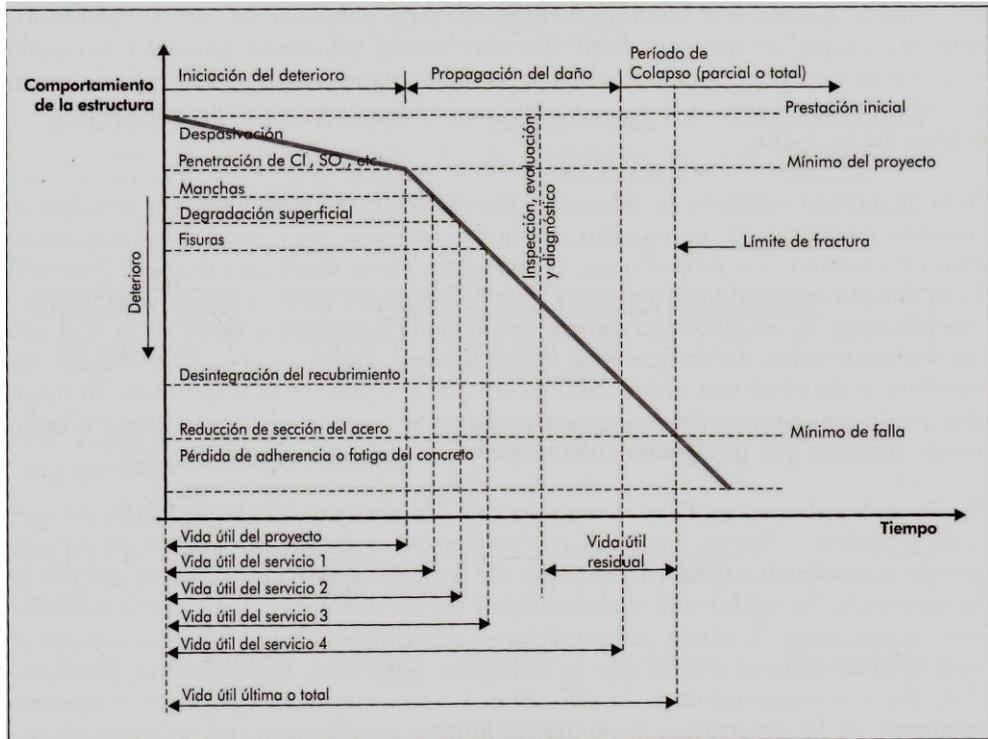
- Durabilidad: como un hábito de buen juicio constructivo o para procesos de rehabilitación, dentro de las recomendaciones se debe imponer el concepto de durabilidad, entendiendo que al ponerlo en ejecución se garantizará el cumplimiento de que la estructura en desarrollo tendrá la capacidad de resistencia y de deformación máxima permisible ante las cargas proyectadas y un comportamiento adecuado ante los efectos de agentes externos e internos en la composición de su masa.
- Resistencia: La Patología del hormigón se preocupa en que el diseño de hormigones no solo cumpla con los requisitos de resistencia, sino que a más de esto sea durable; es decir, este en capacidad de soportar la acción destructiva de factores físicos, químicos, mecánicos y biológicos. (ver tabla 1.3)

AGRESIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	CLASE DE CONCRETO POR DURABILIDAD	NIVEL DE RESISTENCIA	
		MPa	Kg/cm ²
Muy severa	Durable	> 35	> 350
Severa	Resistente	28 - 35	280 - 350
Moderada	Normal	21 - 28	210 - 280
Ligera	Pobre	10 - 21	100 - 210

Fuente: Durabilidad y Patología del Concreto

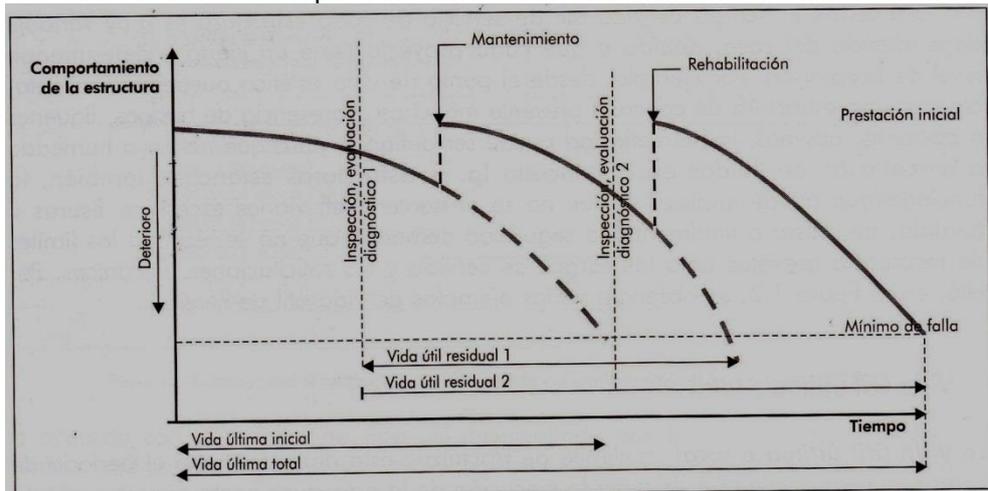
- Elaboración de programas de mantenimiento concretos: Si se realiza adecuados procesos de investigación patológica a una estructura de conducción de caudales sanitarios (inspección, evaluación y diagnóstico) durante su vida de servicio (Figura 1.1), se está en capacidad de elaborar adecuados procesos de mantenimiento preventivo o correctivo a la estructura o parte de ella. Es decir, en función del comportamiento de la estructura y el tiempo (Figura 1.2), se pueden generar distintas vidas residuales durante la vida del proyecto. Estos mantenimientos periódicos cuyas actividades involucran reparaciones, reforzamientos, rehabilitaciones, etc, dan lugar a una nueva vida útil del proyecto, y cuyo paso en el tiempo deberá garantizar funcionalidad sobre todo; por tanto, depende exclusivamente de estos mantenimientos para que el técnico determine que la estructura ha llegado a su período de colapso, y en cuyo caso el reemplazo de la misma resulte más económico que seguir realizando mantenimientos inadecuados, complejos y demasiado costosos. Actualmente en nuestro país no se tiene este tipo de planes de mantenimiento específicos, sino que por el contrario son muy generales y no se apegan a la realidad existente, realizándose en la mayoría de los casos actividades de mantenimiento netamente correctivas (por haber colapsado el sistema), esto por falta de recursos y personal especializado en investigaciones de patología cuyos resultados deberían establecer primeramente mantenimientos preventivos que eviten cambios totales de las estructuras y malestar en la comunidad.

Figura 1.1 – Relación entre el comportamiento del concreto y concepto de vida útil de la estructura



Fuente: Durabilidad y Patología del Concreto

Figura 1.2 – Relación entre el comportamiento del concreto y el concepto de vida útil de la estructura repotenciada mediante mantenimiento o rehabilitación.



Fuente: Durabilidad y Patología del Concreto, SANCHEZ DE GUZMAN – 2002

- Economía: el empleo adecuado de especificaciones con criterios de durabilidad en el diseño de estructuras, una efectiva fiscalización en la etapa constructiva y un acertado plan de mantenimiento en los diferentes ciclos de vida de los colectores, permitirá un ahorro considerable en el manejo de presupuestos anuales a las diferentes

empresas encargadas del control y monitoreo de este tipo de estructuras a nivel nacional.

- Tecnología: actualmente se dispone de equipos con tecnología de punta, tanto para la investigación preliminar (inspección), como para la investigación profundizada (ensayos de patología a los componentes), y cuyos resultados amplían el horizonte en el diagnóstico del comportamiento y funcionalidad de estos sistemas de conducción de caudales; por tanto, es necesario difundir estos elementos de investigación y su correcta aplicación para un mejor desempeño de estas estructuras a lo largo de su vida útil.
- Investigación y Desarrollo: En tiempos actuales el desarrollo y comprensión de nuevas técnicas de investigación en nuestro país y sobre todo a estructuras subterráneas cuya función es el transporte de caudales sanitarios, debe ser prioridad para las empresas encargadas, pues hasta la actualidad no existe un esquema bien definido de procesos que permitan conocer con mayor grado de exactitud el estado actual de estas estructuras y si garantizan o no el correcto funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO II

2. INFORMACIÓN DE ESTUDIOS PREVIOS

2.1. HIDROLOGÍA.

Este estudio fue realizado por la EPMAPS y la información que se detalla es un resumen de su contenido, cabe anotar que la metodología utilizada (método racional) es la más adecuada en cuanto se refieren a estudios de drenaje vial urbano y sistemas de alcantarillado. Su principal componente es el coeficiente de escurrimiento y establece los componentes esenciales en la seguridad de diseño y costo de estas estructuras, entendiéndose a este coeficiente como la relación que existe entre el caudal que escurre en una superficie determinada y el caudal total precipitado. Por tanto, la precipitación, la evaporación y la infiltración de agua conforme van disminuyendo, la humedad relativa y la inhibición del terreno van aumentando y por ende el coeficiente de escorrentía va de valores cercanos a cero hasta alcanzar valores aproximados a uno. Sin embargo, el coeficiente de escorrentía no es constante y va variando a lo largo del tiempo, pues depende en gran medida de las características propias del terreno como son la naturaleza, la vegetación, la permeabilidad, la inclinación, la humedad del suelo, duración de las precipitaciones en el sector, velocidad del viento, horas de sol y principalmente por la dimensión de la cuenca vertiente.

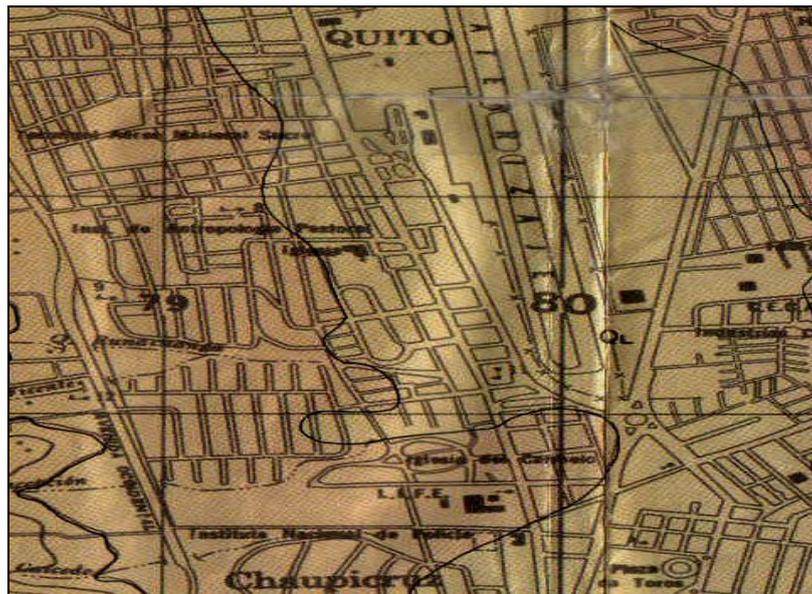
Para nuestro caso en la subcuenca de la quebrada El Colegio es necesario realizar un análisis previo de los diferentes períodos de retorno, fundamentales para el cálculo y diseño de obras de drenaje, sistemas de conducción (colector El Colegio), e incluso obras de descarga. Así mismo, es indispensable disponer de información completa de las estaciones meteorológicas de la zona para definir los diferentes parámetros climatológicos que influyen de manera directa en esta subcuenca. Finalmente para nuestro proceso de evaluación, el parámetro que se debe analizar con mayor detalle es la precipitación

pues de esta depende la decisión de saber en qué tiempo y cuáles deben ser los procesos adecuados de rehabilitación y/o reparación para los sistemas hidráulicos de conducción, haciendo énfasis en los registros de cantidad de lluvia mensual e intensidades máximas registradas, para que en el proceso de evaluación se estime de mejor manera el comportamiento hidráulico al que se encuentra sometido la estructura en investigación.

En cuanto a la descripción de la zona de estudio, se conoce que por su ubicación y dimensiones de diseño, el colector El Colegio, recibe caudales sanitarios tanto de la cordillera occidental como de la cordillera oriental, convirtiéndose luego en un afluente del río Monjas, el cual atraviesa gran parte de la población de Pomasqui. A continuación se presenta las coordenadas UTM del área de estudio.

NORTE		ESTE	
inicio	fin	inicio	fin
9985000	998700	772000	775500

Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008



Fuente: Hoja Cartográfica de Nono, escala 1: 50000 – Instituto Geográfico Militar IGM

2.1.1 Climatología.

En el sector se tiene cuatro estaciones meteorológicas, de las cuales solo una se encuentra en operación siendo esta la Estación Meteorológica Ñaquito M024, ubicada al interior de las instalaciones

del Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología, la cual nos permitirá hacer un análisis específico de las condiciones climatológicas del área de estudio.

código	nombre	tipo	longitud	latitud	altura	
M024	QUITO INAMHI- IÑAQUITO	CP	-0,166667	-78,571944	2812	INAMHI
M549	RIO BLANCO- QUININDE	PG	-0,142500	-78,523056	3500	CODERECO
M952	POZO 17	PV	-0,136944	-78,518056	3070	EMAAP-Q
M959	CACHUCTO(PV35)	PV	-0,232778	-78,554167	3900	INECEL

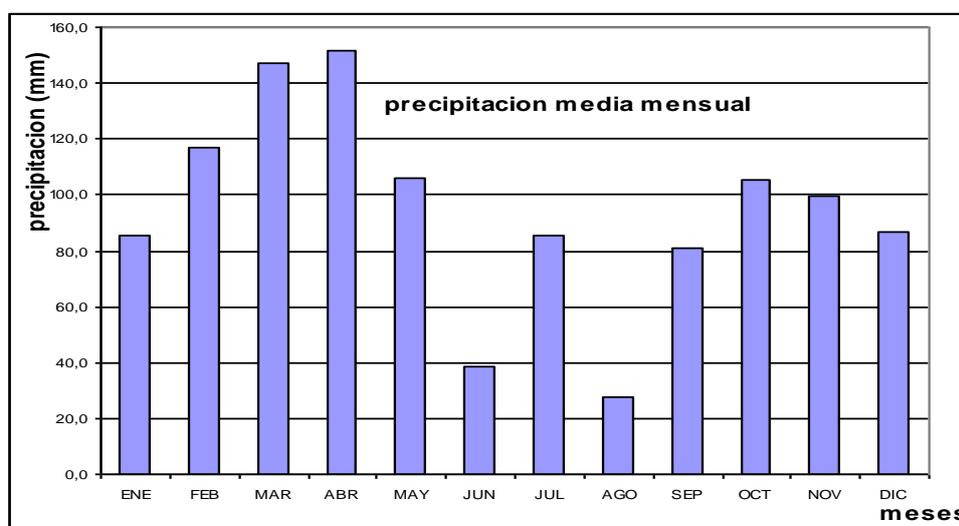
Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008

2.1.2 Pluviometría.

La precipitación media se la determina en función de las áreas de influencia de las estaciones, para el caso de la Estación Iñaquito, se tiene los siguientes datos:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIA	85,3	117,2	147,0	151,4	106,3	38,8	85,3	27,7	81,1	105,3	99,5	86,5
MAXIMA	193,4	237,2	254,7	297,8	193,9	126,6	193,4	83,9	163,7	246,8	232,4	221,2
MINIMA	9,8	13,2	25,2	63,1	19,7	0,9	9,8	0,0	5,7	9,3	8,0	3,2

Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008



Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008

Se ha tomado en cuenta altitud, orografía y orientación de la cuenca, de ahí que se observa en el grafico anterior como la precipitación del

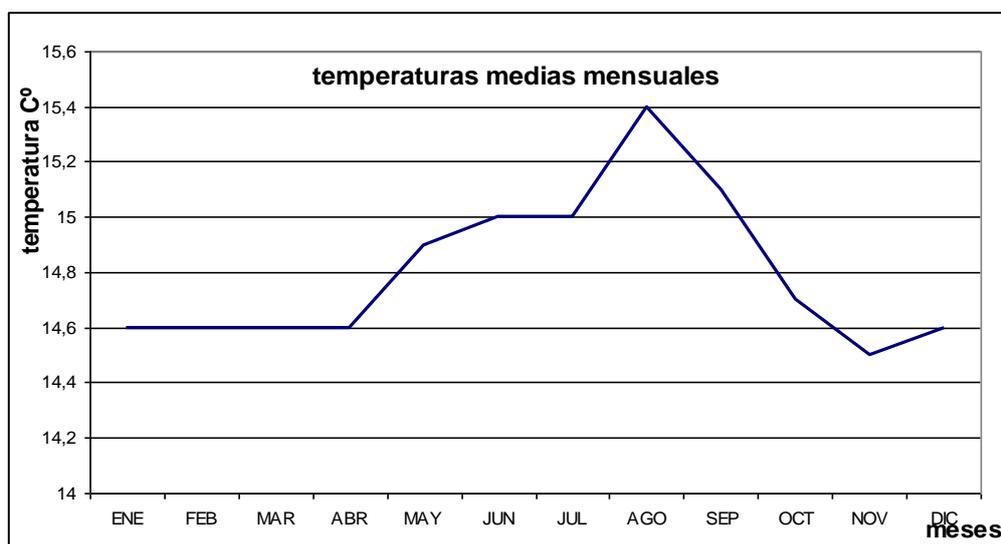
sector va variando de forma espacial y temporal, teniéndose un comportamiento unimodal máximo en el mes de abril y mínimo en el mes de agosto. Así mismo, de la sumatoria de los valores mes a mes del cuadro se tiene que la precipitación media mensual estimada es de 1134mm al año.

2.1.3 Temperatura.

La estación Iñaquito presenta la siguiente información visual para la estimación de la temperatura media de la subcuenca.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
media	14,6	14,6	14,6	14,6	14,9	15	15	15,4	15,1	14,7	14,5	14,6
mínima	12,9	13	13	13,6	13,5	13,8	13,9	14,4	13,6	13,8	13,5	13,2
máxima	16,7	16,4	16	15,9	15,7	16	16,2	16,3	16,4	16,2	15,5	15,9

Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008



Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008

Del cuadro se puede observar un comportamiento unimodal máximo en el mes de agosto y mínimo en el mes de noviembre, esto se puede visualizar más fácilmente en el gráfico de temperaturas medias mensuales.

2.1.4 Caudales.

Al igual que para el análisis de los datos anteriores, la subcuenca de la quebrada del colector El Colegio, no dispone de una estación hidrométrica cercana, por tanto para la estimación de los caudales medios diarios, mensuales y anuales se utilizó información de estaciones ubicadas en la subcuenca del río Chiriacu, datos que fueron correlacionados para un período de 25 años (1977-2001) y mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$Q=1.3056*Q(\text{Chiriacu})_i+3.5528$$
$$r=0.948 \text{ (coeficiente de correlación)}$$

Así mismo, la modelización hidrológica del proceso lluvia – escorrentía, va a variar en función de los datos disponibles los cuales simplemente se asemejan a condiciones similares de una estación cercana, sin embargo, con lo existente se realizó modelos determinísticos de simulación continua de la subcuenca y modelos estocásticos de correlación, siendo el primero el que mejores resultados generó, esto debido a que no considera la distribución espacial de variables y parámetros sobre la subcuenca, y que en todo caso permite a los técnicos una mejor decisión en el análisis de series o datos representativos. Pero por otro lado y en base a la experiencia en la utilización de este tipo de procesos con datos semi empíricos, es necesario la aplicación adicional de otro modelo de simulación continua de subcuenca adoptado, conocido con el nombre de Modelo de Watbal, el cual ha sido desarrollado por el Instituto de Geofísica de la Academia Polaca de Ciencias y basa su resultado en la obtención de muestras de suelo para la obtención de valores de evapotranspiración reales. Aun así, debe hacer simulaciones de posibles áreas de almacenaje para representar descargas de flujo superficial, subsuperficial y la misma evapotranspiración. No obstante una de las ventajas que presenta en relación a los métodos antes descritos, es que utiliza valores de fuente confiable y de manera directa a la simulación, siendo estos, valores de escurrimiento de la cuenca, escurrimiento subsuperficial, almacenamiento máximo para diseño de estructuras de conducción y

descarga, evapotranspiración y flujo base, dato necesario única y exclusivamente para obras de conducción.

Con toda la información antes descrita, se procede al cálculo de los caudales medios mensuales para la subcuenca del colector El Colegio y bajo el siguiente detalle:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEDIA	2.38	2.63	2.92	3.93	3.58	2.50	2.03	1.71	1.60	1.96	2.01	1.61	2.41
MÁXIMO	4.46	4.38	7.30	7.92	5.84	4.08	3.05	2.82	3.58	4.13	5.17	2.67	3.48
MÍNIMO	0.42	0.46	0.32	1.01	1.45	0.59	1.02	0.80	0.58	0.75	0.56	0.52	1.36

Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008

Del análisis efectuado y en función del cuadro anterior se desprenden los siguientes datos necesarios para la consecución de una obra de ingeniería que garantice la correcta conducción de caudales sanitarios y de escorrentía.

- Caudal medio: 2.41 m³/s (rango aceptable)
- Caudal medio del año húmedo : 3.48 m³/s
- Caudal medio del año seco: 1.36 m³/s
- Meses más húmedos: enero a mayo
- Meses más secos: junio a septiembre
- Lluvia media anual: 1131.4 mm/año
- Caudal específico: 16 lt/s/Km²

Para el análisis del período de retorno, se aplicó las leyes de distribución, en función de los caudales máximos instantáneos, y los cuales a su vez dependen del estudio de lluvias intensas de la zona.

Para este caso en particular, se tuvo los siguientes valores detallados en las tablas a continuación:

TR AÑOS	IdTR
5	1.5
10	1.9
25	2.2
50	2.6
100	2.8

TR(años)	5	10	25	50	100
CN	73	69	68	64	64
Q mis>	30.5	48.7	60.0	65.0	84.8
E (mm)	2.0	3.2	3.9	4.3	5.5
Tp (h)	4.5	4.2	4.2	4.2	4.2

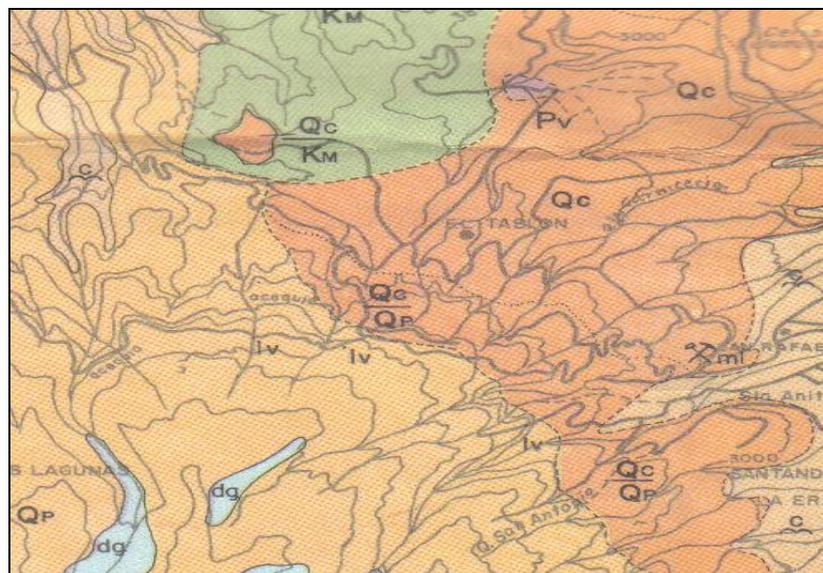
Fuente: Estudio Hidrológico colector El Colegio - Unidad de Colectores Principales EMAAP-Q, 2008

Finalmente, la selección adecuada del período de retorno, con riesgo hidrológico de falla, determina la probabilidad de que en algún momento de la vida útil de la estructura se venga una crecida de magnitud considerable que sobrepase la capacidad hidráulica del elemento y por tanto ocasione terribles secuelas en su estructura así como zonas de inundación con afectación directa a la comunidad. Para este caso los técnicos en función de los datos obtenidos, estiman que para un período de retorno de $Tr=100$ años y una vida útil de la estructura de $n=25$ años, la estructura presenta un porcentaje de probabilidad del 22% de experimentar una crecida máxima para el tiempo calculado, y así mismo se tiene una probabilidad del 78% de que la capacidad hidráulica del colector nunca sea excedida en este período de retorno (100 años). Lo que permite tener una confiabilidad del presente estudio y su incidencia en los parámetros de diseño de la estructura de conducción. Por tanto se concluye que para efectos de evaluación de gasto hidráulico se debe tomar como dato de

comparación el Qmis o caudal admisible cuyo valor bajo los parámetros anteriormente señalados es de 84.8 m³/s.

2.2 GEOLOGÍA

Este estudio también fue desarrollado por técnicos contratados por la EPMAPS, y a lo que se hace referencia es a un resumen de los componentes más importantes que nos permitan tener una visión clara de la ubicación y asentamiento de carácter geológico de la estructura sanitaria conocida con el nombre de colector El Colegio. De acuerdo a este estudio la estructura se encuentra ubicada en los bajos de la cordillera oriental del sistema montañoso de la capital, cuyo suelo mayoritariamente es una formación cangagua, cuyo componente son cenizas consolidadas de orden piroclástico y probablemente producto de erupciones volcánicas anteriores del volcán Pichincha. De acuerdo a mapas geológicos del país (Hoja Quito, escala 1:100000) generalmente este tipo de estratos de suelo pueden alcanzar espesores de hasta 50m en el sector, pero son susceptibles a erosionarse con facilidad. Además se ha detectado capas intermedias de estratos de capilli y pómez. El color de la formación cangagua generalmente va del color habano claro a oscuro.



Fuente: Mapa Geológico, Hoja Chaupicruz, escala 1: 25000

De acuerdo al mapa geológico anterior, en este sector no se tiene la presencia de fallas geológicas, sin embargo siempre existe la presencia de posibles sismos, los cuales deben generar combinaciones de carga en los modelos estructurales que permitan a los técnicos establecer factores de seguridad adicionales a la estructura, toda vez que la magnitud potencial máxima registrada es de 6.4 y de gran energía subsuperficial. Adicional a esto por este mismo fenómeno que incide de manera directa en el diseño sobre todo para este tipo de estructuras se recomienda tener en cuenta factores importantes como la misma zona sísmica, características del suelo de desplante, topografía y profundidad de nivel freático.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2011), para la ciudad de Quito, se debe considerar para efectos de diseño, una aceleración máxima efectiva de 0.4g (fracción de aceleración de la gravedad). Por otro lado, se tiene un alto grado de incidencia volcánica por la presencia del sistema montañoso activo del Pichincha, el cual puede generar flujos de gran magnitud al momento de darse uno de estos eventos, los cuales generalmente bajan a gran velocidad y por quebradas.

Un dato importante del presente estudio es el conocimiento de la estratigrafía del sector señalándose como los estratos más importantes a la formación cangagua, depósitos aluviales, generalmente encontrados en el cauce de la quebrada y finalmente, depósitos antrópicos, producto de la presencia de actividades humanas cuyo desperdicio se encuentra a manera de relleno en varios tramos de la quebrada. En cuanto a la Geodinámica, no se ha encontrado grandes masas de suelo susceptibles a reptación, deslizamientos o flujos de lodo, sin embargo, existe una amenaza de orden hidrogeológico por presencia de erosión hídrica que conlleva a procesos de socavación y lavado de materiales con destrucción directa de las estructuras sanitarias que atraviesan por cauces de quebradas. Si bien se tiene índices de baja vulnerabilidad, es necesario un estudio a mayor

profundidad que permita bajar el riesgo y las posibles alteraciones económicas y sociales que se presentan en este tipo de eventos.

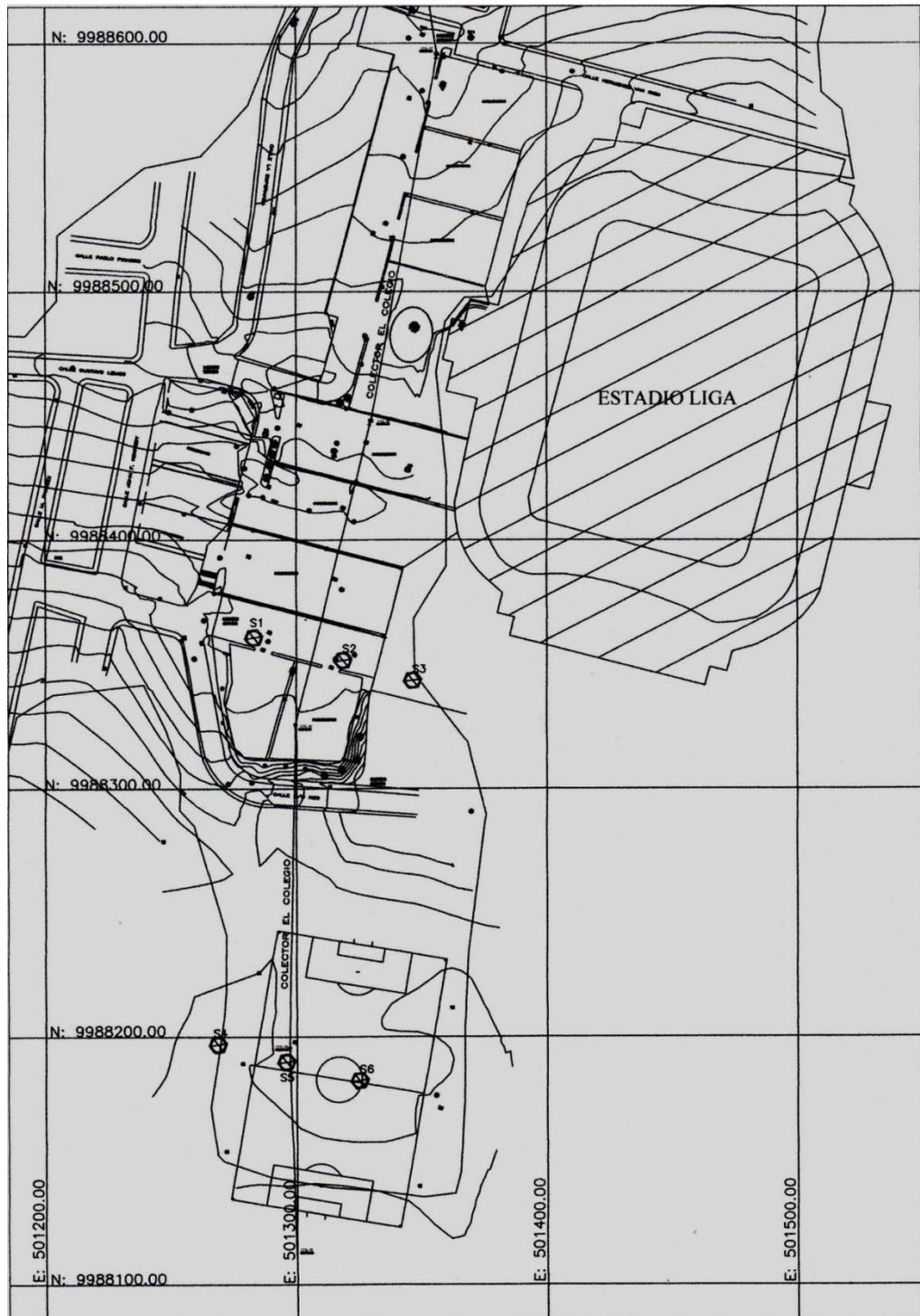
2.3 MECANICA DE SUELOS

Al igual que los dos estudios anteriores el Estudio de Mecánica de Suelos fue realizado por la EPMAPS, sin embargo mi aporte en el desarrollo del mismo, en campo, laboratorio y análisis de resultados me permite realizar las siguientes aseveraciones. Partiendo de la primera investigación visual, en la cual se evidencio la presencia de daños graves a la estructura del colector El Colegio en los tramos en investigación, se planteó la necesidad de determinar el estado actual y las características del suelo al contorno de la estructura, la cual atraviesa una quebrada rellena (La Esperanza). Para esto se realizó el estudio de Mecánica de suelos con el objetivo de obtener información físico-mecánica del suelo y su capacidad portante bajo estas condiciones, de tal manera que el Ingeniero encargado del posterior diseño estructural disponga de datos más eficientes y completos que le permitan utilizando el mismo trazado proyectar un sistema que esté en capacidad de absorber esfuerzos externos del suelo.

Para esto se determinó la cota de cimentación actual del sistema para realizar una comparación de pendientes de tal manera que no influya en la conducción de los caudales sanitarios. Así mismo, con este estudio se espera conocer la capacidad de carga de los diferentes estratos de perforación, con esto adicionalmente se conocerá si la estructura está sometida actualmente a algún tipo de asentamiento por falla mecánica del suelo. De cierto modo esto ya se evidencio en la inspección visual pues la estructura presenta deformación en todos sus elementos estructurales. Por otro lado al encontrarse fisuramientos transversales por donde ingresan flujos de agua, el estudio permitirá establecer la posición en profundidad del nivel freático. Finalmente se supone que la estructura está implantada en el cauce de quebrada

pero esto solo se determinará relacionando la profundidad de perforación hasta encontrarnos con suelo altamente consolidado (rechazo a la perforación SPT) y las hojas de imágenes raster, que también han sido proporcionadas por la Epmaps.

Los trabajos realizados en campo para este tramo en estudio, consistieron en seis ensayos SPT con equipo de perforación normado (Norma ASTM D 1586) y muestreo a cada metro de profundidad, su ubicación y cantidad dependió de criterios geotécnicos y estadísticos recomendados para este tipo de obras por técnicos de la Epmaps (véase imagen inferior). Para este caso lo que interesa es poder establecer la cota de cimentación y capacidades portantes del suelo, parámetros que ayudarán a recomendar el tipo de cimentación aunque para este caso seguirá siendo losa de cimentación pues es necesario mantener el mismo diseño en forma a tramos anteriores.



Fuente: Estudio de suelos colector El Colegio y autor

Por otro lado, los trabajos en laboratorio se realizaron una vez que en campo con ayuda de la cuchara partida componente del equipo SPT, se obtuvieron muestras de suelo a cada metro, con estas se realizaron ensayos para determinar su contenido de humedad natural (Norma ASTM D 2216-98), es decir la cantidad de agua natural que tiene el

suelo expresada como porcentaje en relación a la masa seca del suelo. Así mismo, se realizó el ensayo de Granulometría por lavado y tamizado (Norma ASTM D 422-02) hasta la malla No. 200; es decir, se obtuvo la separación en tamaños de las partículas del suelo.

Con el fin de determinar el Índice de Plasticidad, parámetro que permite diferenciar entre un limo y una arcilla, se realizó dos ensayos conocidos como los Límites de Atterberg, el primero definido como el Límite Líquido (Norma ASTM D 4318-04) y el segundo como Límite Plástico (Norma ASTM D 4318-04), la diferencia de resultados entre estos, nos determina el Índice de Plasticidad; es decir, $IP=LL-LP$.

Finalmente, mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S (Norma ASTM D 2487-00), se procede a identificar el tipo de suelo por medio de un símbolo que establece la norma, este ensayo es el resultado de haber realizado todos los ensayos anteriores con absoluta prolijidad.



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Politécnica Salesiana

Una vez realizados todos los ensayos anteriormente descritos y con toda la información obtenida se procede a realizar una descripción de los materiales encontrados en los seis sondeos (ver tabla 2.1).

Tabla 2.1				
Descripción de Materiales encontrados en los sondeos				
Sondeo	Profundidad (m)	Descripción	Símbolo	Valor N (SPT)
1	0,00 a 0,40	Estructura vial		
	0,40 a 5,00	Limo arenoso, color café claro, con presencia de grava, poca plasticidad, humedad media, consistencia mediana (relleno compactado)	ML	6, 7, 16, 21
	5,00 a 7,00	Arcilla magra, color café claro, con presencia de grava, poca plasticidad, humedad media, consistencia muy compacta (relleno compactado)	CL	19 y 16
	7,00 a 11,00	Limo arcilloso arenoso, color café claro, con presencia de grava, pómez y plásticos, plasticidad baja, humedad baja, consistencia muy compacta (relleno compactado)	CL-ML	30,30,30,32
	11,00 a 15,00	Limo arenoso, color café claro, con presencia de oxidaciones, plasticidad media, humedad media, consistencia muy compacta (natural)	ML	32,25,35,35
2	0,00 a 0,40	Estructura vial		
	0,40 a 9,00	Limo arenoso con grava, pómez y ladrillo, color café claro, consistencia mediana (relleno suelto)	ML	4,1,8,6,9,11,23,25
	9,00 a 11,00	Arena limosa con presencia de grava y oxidaciones, color ploma, sin plasticidad, compacidad muy densa (natural)	SM	30 y 30
3	0,00 a 0,40	Estructura vial		
	0,40 a 9,00	Arena limosa de grano medio, color café claro, húmeda, con grumos y piedra pómez (relleno compactado)	SM	4,4,16,13,27,35,35
	9,00 a 11,00	Limo arenoso con piedra, color café claro, muy compacto (relleno compactado)	ML	30 y 30
	11,00 a 15,00	Arena Limosa con piedra, color café claro, muy compacto (relleno compactado)	SM	32,32,32,32

Sondeo	Profundidad (m)	Descripción	Símbolo	Valor N (SPT)
4	0,00 a 0,35	Estructura vial		
	0,35 a 1,00	Arena limosa arcillosa, de baja plasticidad, color café claro, con presencia de grumos endurecidos, humedad media (natural)	SC-SM	-
	1,00 a 3,45	Arena limosa, color habana, humedad media, de compacidad densa (natural)	SM	26,30,45
	3,45 a 3,55	Lente de arena, color habano, humedad media		
	3,55 a 6,00	Limo arenoso, color café claro, con presencia de grumos endurecidos, humedad media, de consistencia muy compacta	ML	45 y 45
5	0,00 a 0,35	Estructura vial		
	0,35 a 1,00	Limo arenoso, color café claro, con piedra pómez, arena y ladrillo, húmeda, de consistencia compacta (relleno)	ML	-
	1,00 a 3,00	Arena arcillo-limosa, color café claro, con presencia de pómez y ladrillo, húmeda, de consistencia compacta (relleno)	SC-SM	13,14
	3,00 a 5,00	Arcilla magra arenosa, color café oscuro, con grumos y gravas, húmeda, no plástico, de consistencia muy compacta (relleno)	CL	25,23
	5,00 a 7,00	Limo arcilloso arenoso, color café claro, con presencia de pómez y ladrillo, húmedo, no plástico, de consistencia muy compacta (relleno)	CL-ML	27,33
	7,00 a 9,00	Arcilla magra arenosa, color café oscuro, con presencia de ladrillo y piedra pómez, húmeda, no plástica (relleno)	CL	44,27
	9,00 a 11,00	Limo arcilloso arenoso, color café claro, con presencia de grava, piedra pómez y ladrillo, húmeda, no plástica (relleno)	CL-ML	44,45
	11,00 a 14,00	Limo arenoso, color café claro, con presencia de piedra pómez y grava, húmedo, no plástico (relleno)	ML	35,21,22
	14,00 a 18,00	Limo arenoso, color café oscuro, con presencia de piedra pómez, húmedo, no plástico (natural)	ML	45,24,50 y 50

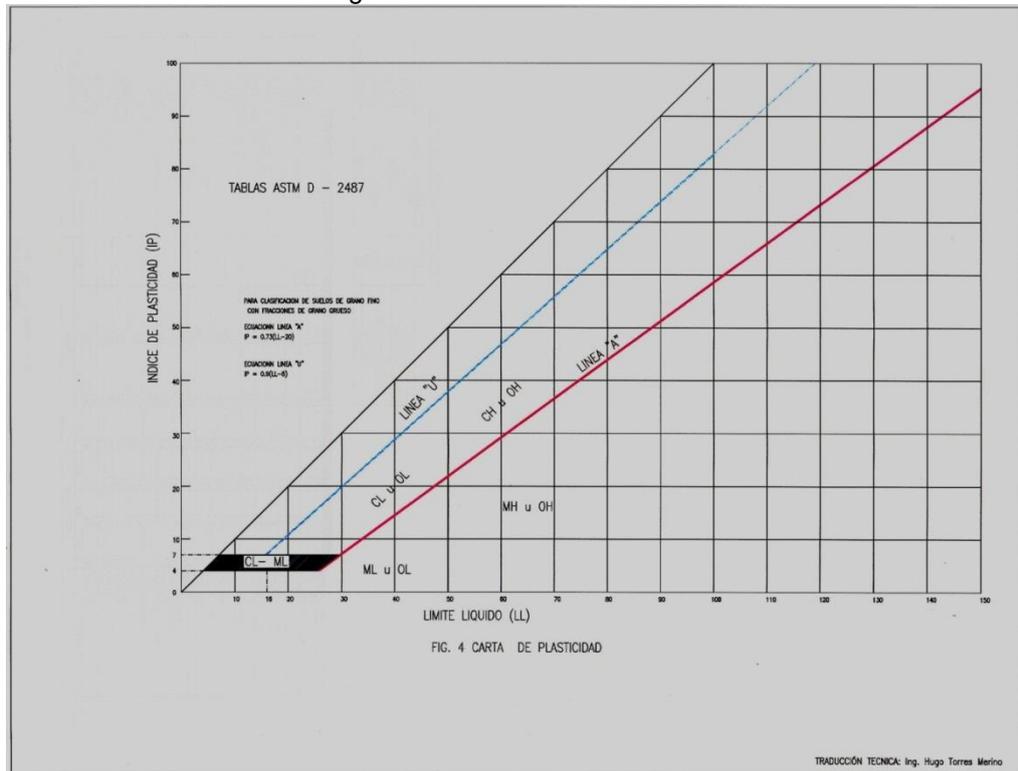
Sondeo	Profundidad (m)	Descripción	Símbolo	Valor N (SPT)
6	0,00 a 0,35	Estructura vial		
	0,35 a 1,00	Limo arenoso, color café claro, con piedra pómez, arena y ladrillo, húmeda, de consistencia compacta (relleno)	ML	-
	1,00 a 5,00	Arena limosa, color café claro, con presencia de pómez y ladrillo, humedad baja, de consistencia mediana (relleno)	SM	12,18,18,8
	5,00 a 7,00	Arena limosa, color café claro, humedad baja y de consistencia compacta (relleno)	SM	7,12
	7,00 a 9,00	Arena limosa, color café oscuro, con grumos y piedra pómez, consistencia compacta (relleno)	SM	9,14
	9,00 a 11,00	Grava limosa con arena, color café oscuro, con ladrillo y material pétreo, húmedo, de consistencia muy compacta (relleno)	GM	14,11
	11,00 a 13,00	Arena limosa, color café, de consistencia muy compacta (relleno)	SM	20,13
	13,00 a 15,00	Arena limosa, color café oscuro, con presencia de ladrillo, grava y pómez, húmeda (relleno)	SM	18,28
	15,00 a 21,00	Arena limosa, color café oscuro, con grava, material pétreo, ladrillo y pómez, húmeda (relleno)	SM	35,30,35,35 y 35
Nota:	En ninguno de los 6 sondeos se encontró nivel freático			

Fuente: Extracto para realizar cuadro de resumen del Estudio de suelos colector El Colegio

Analizando el cuadro anterior se puede indicar que los materiales encontrados en los seis sondeos se presentan ligeramente ordenados en el plano, pero desordenados en la profundidad. Así mismo se visualiza que la capacidad portante va en aumento conforme se profundiza el ensayo y que la humedad también mantiene una tendencia conforme se profundiza el suelo, pese a que en ninguno de los sondeos se registró niveles freáticos, esto se debe a que mayoritariamente se tiene suelos de tipo arenas limosas y limos arenosos los cuales por estructura particular propia tienden a retener porcentajes de humedad, para este caso se tiene valores de alrededor de 40%. Sin embargo se tiene gran variación en cuanto a granulometrías se refiere, pero si se compara la simbología encontrada con la carta de plasticidad vemos que se encuentra muy cercanos a la

línea “A”, presentando por tanto una ligera plasticidad y mediana compresibilidad. (ver figura 2.1).

Figura 2.3.1. – Carta de Plasticidad



Fuente: Traducción Técnica Ing. Hugo Torres Merino – Universidad Politécnica Salesiana

De los resultados obtenidos de los cuadros de cálculo se ha analizado a dos sondeos por considerarse que son los que permitirán una mejor apreciación de la situación actual del suelo alrededor de la estructura, definiéndose los siguientes parámetros de diseño (ver tabla 2.2) que servirán al ingeniero calculista para su posterior diseño estructural, se debe agregar que en este tramo se tiene una diferencia de pendiente muy elevada, de ahí la diferencia en la profundidad de desplante (estructura de conducción rápida de caudales).

Tabla 2,2		
Parámetros de Diseño		
PARAMETROS	SONDEOS ANALIZADOS	
	1	4
COTA BOCA DE SONDEO (m.s.n.m)	2734,52	2728,70
COTA DE CIMENTACION (m.s.n.m)	2722,52	2723,70
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (m)	18,00	16,00
PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	1700,00	1700,00
ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO (T/m2)	20,00	25,00
ASENTAMIENTO MAXIMO (mm)	25,00	25,00
ANGULO DE FRICCION (°)	25,00	25,00
COHESION (T/m2)	1,33	1,33

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos del Colector El Colegio

Si se analiza el cuadro anterior se puede concluir que el suelo a las diferentes profundidades de desplante presenta una buena capacidad portante (entre 20 y 25 T/m²), con la seguridad que esta va en aumento conforme se profundiza. Sin embargo una vez intervenido el colector es necesario que se realice un relleno compactado con el mismo suelo pero en capas de 20 cm, en condiciones óptimas de humedad para alcanzar el 95% del Próctor modificado. Esto con la finalidad de reducir la relación de vacíos que actualmente presenta este suelo de relleno y de este modo llegar a la máxima densificación del suelo lo que a la posteridad permitirá que la estructura no sufra asentamientos, aun cuando los valores de cálculo indican asentamientos de 25 mm. Por tratarse de una estructura de conducción de caudales el ingeniero calculista estructural debe tomar en cuenta en su diseño la colocación de drenes laterales inmersos en la bóveda de la estructura para conducir flujos laminares en un suelo permeable.

CAPITULO III

3.1 ESTUDIO DE PATOLOGÍA DEL HORMIGÓN EN COLECTORES PRINCIPALES.

El presente estudio establecerá los procedimientos necesarios para realizar una Evaluación integral y profundizada de la estructura de conducción hidráulica conocida con el nombre de Colector El Colegio, en sus tramos PCE-95, PCE-94 y PCE-93 y cuya ubicación presta servicio de drenaje urbano a una extensa área del nor-orienté de Quito.

Los resultados que se esperan obtener de este estudio, se darán mediante la consecución en primera instancia de varios ensayos mismos que serán de tipo externo e interno a la estructura. Dentro de los ensayos externos como objetivos del estudio se analizará el tipo de agua que conduce el colector y el suelo que se encuentra a su alrededor. En cambio en cuanto a los ensayos internos es necesario profundizar como elemento principal a la estructura como tal, para esto nos ayudaremos con la extracción de núcleos de hormigón, extracción de muestras de acero de refuerzo visibles por deformación o dislocación de la estructura y se analizará la capa de pasividad en todos los elementos que componen el colector. Para una correlación de datos en cuanto a valoración de resistencias actuales se realizará ensayos esclerométricos cuyos datos se deben correlacionar con los datos de compresión efectuada a los núcleos extraídos, para finalmente obtener datos a la tracción en aceros, y físico químicos de agua y suelo todos estos en un laboratorio exclusivo para estos fines.

Por otro lado los resultados obtenidos anteriormente del Estudio Geotécnico (Mecánica de suelos del Colector el Colegio – Capítulo II Información de Estudios Previos), se considerarán como parte fundamental en la investigación profunda y que a su vez forma parte de los factores externos a la estructura, identificándolo además como un

medio agresivo directo a todo el suelo circundante al colector. Finalmente todo esto acompañado de los ensayos químicos realizados al agua, nos permitirá determinar el grado de afectación real que este elemento tiene sobre la estructura de conducción hidráulica. No así con los ensayos esclerométricos, de núcleos y de aceros que por su parte en cambio nos permitirán determinar las condiciones mecánicas de los elementos estructurales y el grado de vulnerabilidad que tiene toda la estructura en los tramos de investigación.

3.1.1 Metodología propuesta para realizar la Evaluación Patológica a la estructura.

A continuación se procede a describir la metodología que se utilizará para la evaluación patológica de la estructura de conducción hidráulica conocida con el nombre de Colector El Colegio. Esta metodología que se propone está basada íntegramente en investigaciones realizadas por especialistas como Fernando Canovas y Diego Sánchez de Guzmán; y, apoyada por un estudio de Diagnóstico Integral de viviendas afectadas por un sistema de alcantarillado en las calles Nazareth y Cafetos, en el sector de La Rumiñahui al norte de Quito, realizado por personal técnico del Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y en cuya supervisión del proceso por parte de la EPMAPS, tuve el honor de participar. Como datos principales para la propuesta en este estudio, es necesario disponer de información básica como por ejemplo la ubicación del colector con respecto al sistema natural de conducción de caudales por donde atraviesa, identificación de los tramos a evaluar con sus longitudes y pendientes, altura de pozos entre tramo y tramo, sección transversal de la estructura este aspecto fundamental en el estudio, características geométricas de los elementos que la componen, entre otros, cuya información se la utilizará en la aplicación de la metodología que se presenta a continuación:

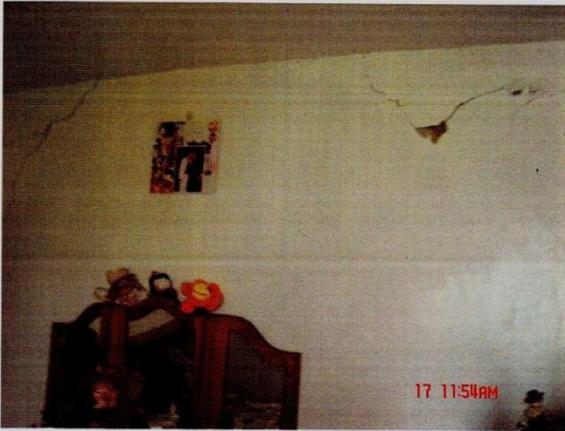
3.1.2 Calificación Patológica de la estructura.

Se propone hacerlo en tres fases bien identificadas, siendo estas el Plano de Fallas, la Investigación Preliminar y la Investigación Profunda.

3.1.2.1 Determinación de los diferentes Planos de Fallas.

Se realiza mediante la primera investigación bajo metodología de Inspección Visual; es decir, se debe realizar un recorrido de todos los tramos al interior de la estructura, tomando en cuenta que debe realizarse bajo el apoyo de personal con experiencia en este tipo de actividad y equipo de seguridad que permita un avance seguro y a detalle. En esta fase es necesario realizar un levantamiento de todos los síntomas que se aprecia ubicándolos en el plano en corte transversal y con los debidos abscisados, para esto una buena opción es realizar una ficha técnica para registro en campo que permita al investigador ir tomando nota de lo detectado de manera prolija y sencilla (Anexo 1). Este reconocimiento visual nos permitirá realizar el primer informe de Investigación preliminar. Tómese en cuenta que este registro una vez ingresados los datos al ordenador debe apoyarse de un archivo fotográfico y una simbología que le permita al investigador reconocer cada uno de los síntomas señalados en el mismo. La Pontificia Universidad Católica del Ecuador, dentro de su informe de Diagnóstico integral de las estructuras de vivienda de la calle Nazareth y Cafetos, sector de La Rumiñahui, en diciembre de 2007, afectadas por el colapso de un sistema de alcantarillado, presentó un anexo muy sencillo pero que sin embargo es de mucha ayuda para identificar las afectaciones tanto en ubicación como en magnitud. (ver figura 3.1.2.1)

Figura 3.1.2.1 – Evaluación cualitativa estructural del Estado Actual

Casas Rumiñahui Sra. Lucrecia Pichincha		EVALUACIÓN CUALITATIVA ESTRUCTURAL DEL ESTADO ACTUAL LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN-PUCE		Agosto, 07																																																												
1.- IDENTIFICACIÓN NIVEL : Segunda planta alta SECTOR: Dormitorio OTROS Pared norte																																																																
2.- MATERIALES Ancho de fisuras: 4 mm.																																																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ADOBES</th> <th>LADRILLO</th> <th>MIXTO</th> <th>PIEDRA</th> <th>CARRIZO</th> <th>MADERA</th> <th>FORJADO</th> <th>BLOQUE</th> <th>HORMIGÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIMENTOS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>MUROS PB</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MUROS PA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENTREPISO N</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>CUBIERTA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>		ADOBES	LADRILLO	MIXTO	PIEDRA	CARRIZO	MADERA	FORJADO	BLOQUE	HORMIGÓN	CIMENTOS									X	MUROS PB								X		MUROS PA								X		ENTREPISO N									X	CUBIERTA									X	Grietas en mampostería		
	ADOBES	LADRILLO	MIXTO	PIEDRA	CARRIZO	MADERA	FORJADO	BLOQUE	HORMIGÓN																																																							
CIMENTOS									X																																																							
MUROS PB								X																																																								
MUROS PA								X																																																								
ENTREPISO N									X																																																							
CUBIERTA									X																																																							
1.- IDENTIFICACIÓN NIVEL : Segunda planta alta SECTOR: Dormitorio OTROS Pared norte																																																																
2.- MATERIALES Ancho de fisuras: 4 mm.																																																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ADOBES</th> <th>LADRILLO</th> <th>MIXTO</th> <th>PIEDRA</th> <th>CARRIZO</th> <th>MADERA</th> <th>FORJADO</th> <th>BLOQUE</th> <th>HORMIGÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIMENTOS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>MUROS PB</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MUROS PA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENTREPISO N</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>CUBIERTA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>		ADOBES	LADRILLO	MIXTO	PIEDRA	CARRIZO	MADERA	FORJADO	BLOQUE	HORMIGÓN	CIMENTOS									X	MUROS PB								X		MUROS PA								X		ENTREPISO N									X	CUBIERTA									X	Desprendimiento de enlucido		
	ADOBES	LADRILLO	MIXTO	PIEDRA	CARRIZO	MADERA	FORJADO	BLOQUE	HORMIGÓN																																																							
CIMENTOS									X																																																							
MUROS PB								X																																																								
MUROS PA								X																																																								
ENTREPISO N									X																																																							
CUBIERTA									X																																																							

Fuente: Informe Diagnóstico Integral de la Estructura, Casas Sector

3.1.2.2 Informe de Investigación Preliminar (IP).

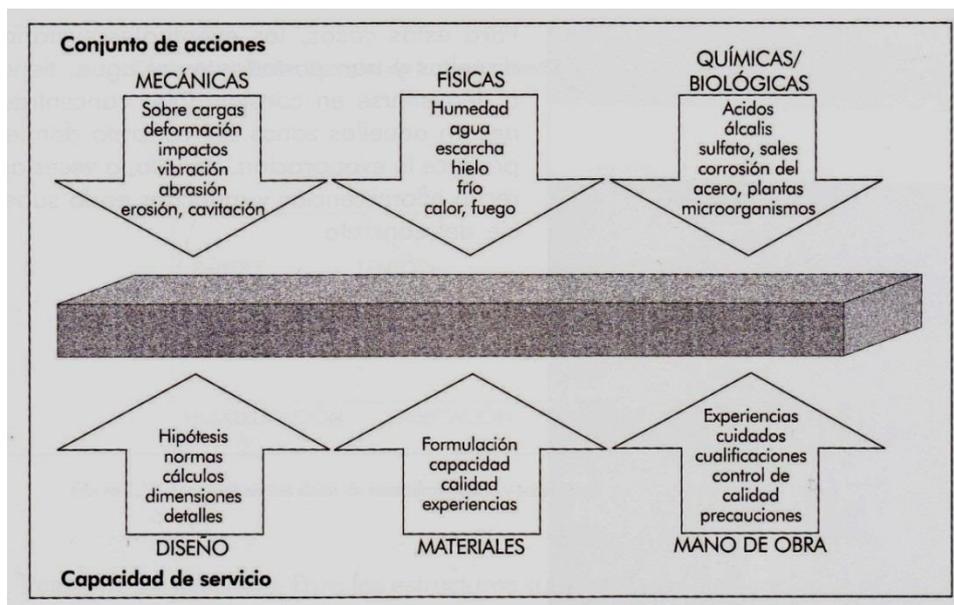
Este informe solo podrá elaborarse una vez que el investigador cuente con toda la información de reconocimiento de fallas (en el plano). Dentro de la propuesta se realizará una matriz conteniendo la sintomatología observada en la fase anterior, el archivo fotográfico que respalde la misma y adicionalmente se incluirá un primer diagnóstico y pronóstico de las principales afectaciones externas que se presentan en la estructura, así como una calificación del posible grado de

vulnerabilidad que considera el evaluador en base a su experiencia y conocimiento de las posibles consecuencias de cada una.

3.1.2.3 Informe de Investigación Profunda (IPE + IPV)

Una vez concluida las dos fases anteriores, es necesario para la entrega del Informe Final, profundizar y ampliar aún más esta información con la finalidad de permitir al ingeniero proyectista disponer de todos los recursos necesarios para un nuevo diseño o mejoramiento de la estructura de conducción. Como una nueva fuente de apoyo se puede elaborar otra matriz de investigación profunda y sustentada, con la finalidad de disponer de información amigable al momento de analizar las amenazas externas a dicha estructura (IPE); es decir, incluirá al suelo (datos obtenidos del estudio geotécnico Tabla 2.2) y el agua (informes proporcionados por la EPMAPS de años anteriores) como factores de riesgo, y principalmente valorar la vulnerabilidad (IPV) tanto del hormigón como del acero (Informes proporcionados por la EPMAPS).

La simbología adoptada es de autoría propia, basada en conceptos de textos de patología y criterios técnicos de personal de la EPMAPS; y lo que pretende demostrar, es que de tener un escenario en el que se presente la suma de las tres calificaciones; es decir $IP + IPE + IPV$, se tendría una estructura con un alto grado de vulnerabilidad en todos los aspectos que la conforman; por tanto, las acciones de remediación y/o rehabilitación posiblemente ya no sean necesarias pues la estructura como tal se encuentra en período de colapso y sea preferible el cambio de todo el tramo en investigación. En todo caso es necesario al final presentar una última matriz de calificación que determine el estado actual de la estructura.



Fuente: Durabilidad y Patología del Concreto

Para disponer de buenos conceptos de calificación principalmente en la fase preliminar, cuyo valor depende de la pericia del investigador en aplicar procesos de metodología visual, se puede adoptar lo que propone Diego Sánchez de Guzmán en su libro de Durabilidad y Patología del Concreto, puesto que fue lo que recomendaron los técnicos de la PUCE tanto en su estudio realizado a las casas de la Rumiñahui como al edificio del Parlamento Ecuatoriano cuando sufrió un incendio de alta magnitud. Si bien es cierto, las condiciones de funcionalidad de estas estructuras con respecto a aquellas que se encuentran bajo suelo son distintas, como medida de calificación las incluyo con ciertos cambios que considero necesarios para una efectiva valoración de la estructura de conducción hidráulica, siendo esta la siguiente:

- a) Síntomas.- pueden ser afectaciones directas, detectadas a simple vista, ubicadas en el plano de manera precisa (abscisado y acotado al interior del colector), descritas de manera breve, concisa y ubicadas por cada elemento que conforma la estructura como tal; es decir, losa de cimentación, solera, hombros, bóveda, etc y podemos citar las siguientes: oquedades y hormigueros (agujeros de consideración en el elemento),

manchas (probablemente por presencia de humedades o percolación de flujos externos), eflorescencias (producto del proceso de carbonatación), abrasión (producto del proceso de erosión), fisuras (pequeñas líneas de desplazamiento transversal y poca profundidad), agrietamientos (líneas de mayor grosor y profundidad, transversales y longitudinales) y fracturas (desplazamientos fuertes de elementos que conforman la estructura).,

- b) Diagnóstico.- dada por la determinación del tipo de daño que presenta la estructura, además de ser valorada en magnitud y cantidad.
- c) Pronóstico.- Es el resultado de los dos anteriores; es decir, los síntomas y el diagnóstico, cuya evaluación describe las posibles causas por las que la estructura está afectada.

A continuación se presenta un cuadro de resumen que puede servir al observador para calificar lo anteriormente descrito. (TABLA 3.1)

Tabla 3.1			
Calificación Investigación Preliminar			
VULNERABILIDAD	COLOR	AFECTACION	SINTOMAS
G0		LEVE	Fisuras y Manchas
G1		BAJA	Oquedades, baja abrasión, eflorescencias
G2		MEDIA	Hormigueros, abrasión en incremento, exposición del acero, corrosión, agrietamientos
G3		ALTA	Abrasión alta, concentración de la corrosión, agrietamientos, fracturas, deformaciones de la estructura

Autor: Javier Perugachi Abad

En cuanto se refiere a la Calificación por Investigación Profunda, está debe sustentarse en los parámetros técnicos obtenidos in situ y en laboratorio, tomando como elementos principales el agua, suelo,

hormigón y acero. Así mismo, se adopta los criterios del texto citado en la Investigación preliminar, pero con el condicionante de las dos calificaciones adicionales siendo estos los factores externos IPE y la vulnerabilidad de la estructura IPV. Haciendo una diferenciación de ambos, en cuanto a factores externos se acota lo siguiente:

- a) Agua.- se refiere al caudal que conduce el colector, realizando un análisis del grado de agresividad que tiene este a la masa del hormigón. Sánchez de Guzmán recomienda tomar en cuenta sulfatos, Ph, cloruros, fluoruros y carbonatos, siendo estos elementos agrestes entre otros, los que se encuentran mayoritariamente en este tipo de caudales sanitarios.
- b) Suelo.- integra el análisis a todo el suelo circundante al colector y su grado de agresividad a la estructura de hormigón armado. Así mismo, se recomienda obtener resultados del ángulo de fricción, cohesión, densidad, altura de desplante, empuje activo, esfuerzo admisible y nivel freático.

La calificación por estos factores se la puede observar de manera conjunta en el siguiente cuadro (Tabla 3.2).

Tabla 3.2			
Calificación Investigación Profunda - Factores externos (IPE)			
VULNERABILIDAD	COLOR	AFECTACION	SINTOMAS
G0		LEVE	Contaminantes identificados en agua por debajo de la norma y suelo natural con buenas propiedades mecánicas
G1		BAJA	Contaminantes identificados en agua ligeramente encima de la norma y suelo de relleno tubificable
G2		MEDIA	Contaminantes identificados en agua por encima de la norma y suelo de relleno con presencia de turbas
G3		ALTA	Alta contaminación de agua y suelo de relleno antitécnico

Autor: Javier Perugachi Abad

Por otro lado en cuanto a la calificación por vulnerabilidad de la estructura se define lo siguiente:

- a) Hormigón.- Comprende el análisis a toda la estructura de conducción hidráulica, apoyada en los ensayos realizados in situ como extracción mecánica de testigos tipo cilindro, para posteriormente en laboratorio exponerlos a ensayos de resistencia a la compresión del hormigón y medición de la carbonatación en la capa de pasividad interna. Para este caso los valores obtenidos del ensayo resultan ser resistencias residuales por tratarse de una estructura funcional en el tiempo y posiblemente intervenida. Para este caso se presenta el siguiente cuadro (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Calificación Investigación Profunda - Vulnerabilidad de la Estructura (IPV) HORMIGON			
VULNERABILIDAD	COLOR	AFECTACION	CONDICIÓN SI:
G0		LEVE	$f_c \text{ Act} \geq 0,85* f_c \text{ Dis}$
G1		BAJA	$0,75* f_c \text{ Dis} \leq f_c \text{ Act} < 0,85* f_c \text{ Dis}$
G2		MEDIA	$0,65* f_c \text{ Dis} \leq f_c \text{ Act} < 0,75* f_c \text{ Dis}$
G3		ALTA	$f_c \text{ Act} < 0,65* f_c \text{ Dis}$

Fuente: Código ACI 318 – S. “para recibir una obra de hormigón debe cumplir: $f_c \text{ Act} \geq 0.85*f_c \text{ Dis}$ ” (Ver anexos generales anexo de normativas utilizadas).

Consecuentemente, se debe hacer un análisis al recubrimiento del acero (mortero) o capa de pasividad (protección del acero), cuya profundidad se determina en el testigo extraído o por

exploración in situ, pudiéndose hacer una calificación mediante el siguiente cuadro (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Calificación Investigación Profunda - Vulnerabilidad de la Estructura (IPV) RECUBRIMIENTO			
VULNERABILIDAD	COLOR	AFECTACION	CONDICIÓN SI:
G0		LEVE	Rec Act = Rec Norma = 7 cm
G1		BAJA	$5 \text{ cm} \leq \text{Rec Act} < 7 \text{ cm}$
G2		MEDIA	$3 \text{ cm} \leq \text{Rec Act} < 5 \text{ cm}$
G3		ALTA	Rec Act < 3 cm

Fuente: Código ACI 318 – S. “recubrimiento mínimo para estructuras en contacto con el agua: Rec Norma = 7cm” (Ver anexos de normativas utilizadas).

De todo este compendio se determinará el grado de vulnerabilidad de la masa del hormigón que actualmente aparece como resultado de la investigación propuesta, apegándonos con una relación directa a las normativas internacionales.

- b) Aceros.- siendo parte del hormigón armado de la estructura de conducción de caudales combinados, su análisis inicia con la extracción mecánica de un testigo (pedazo de varilla corrugada), mismo que será sometido a ensayos para determinar la fluencia del acero y su diámetro actual comparado con el diámetro que debe constar en los planos de diseño original. Su grado de vulnerabilidad dependerá de los resultados que se presentan en el siguiente cuadro (Tabla 3.5).

Tabla 3.5			
Calificación Investigación Profunda - Vulnerabilidad de la Estructura (IPV) ACERO			
VULNERABILIDAD	COLOR	AFECTACION	CONDICIÓN SI:
G0		LEVE	$f_y \text{ Act} = f_y \text{ N}$
G1		BAJA	$0,95^* f_y \text{ N} \leq f_y \text{ Act} < f_y \text{ N}$
G2		MEDIA	$0,85^* f_y \text{ N} \leq f_y \text{ Act} < 0,95^* f_y \text{ N}$
G3		ALTA	$f_y \text{ Act} < 0,85^* f_y \text{ N}$

Autor: Javier Perugachi Abad

Para el caso del acero no se tiene normativa nacional o internacional, sin embargo el grado de medición en base a la condición ha sido desarrollado en fundamento a los datos que exige la Norma Ecuatoriana de la Construcción, a la Norma INEN NTE 106 – 109 y la EPMAPS.

3.2 Desarrollo de Procesos.

3.2.1 Recopilación de Información Base.

3.2.1.1 Implantación.- Con la finalidad de establecer las condiciones de implantación de las estructuras de conducción de caudales sanitarios, la EPMAPS dispone de mapas conocidos como hojas raster (Anexo 2), los cuales permiten previo la topografía en planimetría de la estructura determinar si su trazado atraviesa por quebradas como dato importante, pero además permite visualizar si cruza debajo de zonas pobladas, edificaciones, vías, terrenos baldíos, etc. Si bien es cierto esta información ayuda al momento de viabilizar posibles trazados, existen ordenanzas metropolitanas actuales, mediante Registro Oficial, que establecen otro tipo de condicionantes principalmente aquellos que

se refieren a la implantación de estructuras para vivienda retirados del borde de quebrada, la cual en base a su pendiente de taludes y profundidad sugiere entre 10 y 15m de retiro por seguridad. Para nuestro caso por tratarse de una quebrada rellena esta ordenanza no puede ser utilizada pero se debe dejar constancia como otro concepto de vulnerabilidad no solo para la estructura de conducción de caudales sanitarios, sino también para las estructuras de vivienda y comercio que han sido construídas sobre la quebrada El Colegio. Para los tramos en investigación no se visualiza construcciones de esta naturaleza, sin embargo siguiendo la estructura hidráulica aguas abajo si se tiene una gran cantidad de viviendas las cuales pueden verse afectadas algún momento puesto que el sistema hidráulico en épocas invernales trabaja a presión; es decir, la sección transversal del elemento no abastece por completo al caudal que se recoge por precipitaciones de alta intensidad.

3.2.1.2 Características Geométricas del tramo en investigación del colector.

Para esto se debe desarrollar un plano que involucre la hipótesis de armado (para este caso por no disponer de los planos originales de diseño y construcción) y un reconocimiento simple de todas las características geométricas de cada tramo en investigación (ver anexo 3). Como datos adicionales se deberá colocar fecha de diagnóstico realizado al tramo, de ser posible su año de construcción, años de servicio de la estructura y otras que complementen la inspección y valoración.

3.2.2 Información Técnica obtenida In Situ.

3.2.2.1 Identificación y ubicación de síntomas.

Cada tramo investigado, debe tener su propio plano de fallas (Anexos 4A-4B); es decir, en este se debe visualizar de manera sencilla cada síntoma que el investigador detecto en la estructura. Esta afectación deberá ser ubicada de manera precisa mediante abscisados aguas

abajo para cumplir con la norma que establece la EPMAPS en cuanto se refiere a investigaciones al interior de colectores. En realidad el concepto de hacerlo de esta manera por experiencia propia se basa en que el desplazamiento bajo condiciones de caminar en caudales de gran volumen y velocidad es mucho más fácil, lo que de alguna manera mejora la seguridad. Sin embargo en aquellos cambios de pendiente brusca (rápidas), es mejor hacerlo en contracorriente, en ambos casos siempre apoyados por líneas de vida a lo largo del tramo, mucho mejor entre pozo y pozo. En realidad este plano resulta ser un resumen visual de las afectaciones anotadas en la Ficha Técnica de Campo (Anexo 1).

3.2.2.2 Investigación Preliminar.

Mediante metodología de inspección visual directa a la estructura, se desarrollará una matriz que identifique y defina cada uno de los síntomas ubicados en el plano de falla (anexo 5A-5B). En esta matriz se aplicarán los conceptos de la tabla de calificación de síntomas, con su ubicación exacta, diagnóstico y se incluirá un pronóstico; es decir, se establecerá posibles consecuencias inmediatas o a mediano y largo plazo de las incidencias que cada una de estas alterará a la estructura. Para finalmente en función de todo esto asignar un color que refleje el grado de vulnerabilidad actual que según las tablas es la condición actual del colector en ese tramo de investigación.

3.2.2.3 Investigación Profunda.

Apoyado en la investigación anterior, se añade los factores externos que afectan a la estructura; es decir, agua y suelo. De la misma manera se identificará cada uno de estos de tal manera que se puedan desarrollar cuadros que permitan realizar una calificación y cuantificación del grado de amenaza al que está sometida actualmente la estructura (Anexos 6A-6B). Esta investigación debe sustentarse en los ensayos químicos del agua, calificado como un medio agresivo a la estructura y también a través de los resultados obtenidos del estudio geotécnico realizado anteriormente.

Así mismo, también se valorará los resultados de los ensayos que se refieren a la estructura como tal (factores internos); es decir, los valores de resistencia del hormigón, espesores de la capa de pasividad y fluencia del acero, comparados con las normas que establece los organismos de control para de este modo determinar el grado de vulnerabilidad actual de la estructura hidráulica (Anexos 6C-6D).

Finalmente, de acuerdo a las calificaciones determinadas en la Investigación Preliminar, Investigación Profunda tanto externa (amenaza) como interna (vulnerabilidad) la sumatoria de todas deberá generarnos la Percepción de Riesgo o su grado de vulnerabilidad definitivo (Anexo 7), de tal forma que el investigador este en capacidad de considerar si en la estructura en los tramos investigados se debe o no realizar “Actividades de reparación y/o rehabilitación” o en el peor de los casos sugerir en base a la investigación un nuevo rediseño.

Como medida de apoyo para futuras investigaciones al interior del colector El Colegio, es recomendable distinguir con los mismos colores de las Tablas de evaluación a cada tramo visualizado en un plano de vulnerabilidad, de tal manera que se tenga un documento que acredite que el tramo ya fue evaluado y que se llegó a determinadas conclusiones, tanto el altimetría como en planimetría (Anexo 8).

Otra medida de apoyo para hacer más sencilla la información, es dar una simbología a cada una de las afectaciones que inciden en mayor grado en el tramo evaluado, y de ser posible con ubicación por cada elemento que conforma la estructura como tal (ver Tabla 3.2.2.3-a). De la investigación realizada se tiene los siguientes síntomas detectados y clasificados de la siguiente manera:

Tabla 3.2.2.3-a			
Síntomas Detectados en tramos colector El Colegio			
Descripción	ELEMENTO DE LA ESTRUCTURA		
	SOLERA	HOMBROS	BOVEDA
DESGASTE POR EROSION	DES	DEH	DEB
MANCHAS POR PERCOLACION OXIDACION ACERO	MOA	MOA	MOA
FISURAS	FS	FH	FB
DISLOCACIONES			DB
GRIETAS		GH	GB
EFLORESCENCIAS Y CARBONATACIÓN	ECS	ECH	ECB
OQUEDADES Y HORMIGUEROS	OHS	OHH	OHB

Fuente: Javier Perugachi Abad

Con esta tabla se puede realizar la identificación de cada síntoma tramo por tramo, así como su ubicación mediante abscisado y elemento de la estructura, para de ser necesario posteriormente realizar un plano de reparaciones. Es decir, se cotejará cada afectación y se juzgará el mejor proceso de remediación. Para esto una nueva medida de apoyo para hacer simple y amigable la información es nuevamente dar una simbología al proceso de reparación de tal manera que la persona que revise el informe sepa que debe hacer por cada afectación. Esto parece simple pero sin embargo es de mucha ayuda al momento de programar una intervención pues establece un presupuesto real y cronograma; así como, el tipo de personal idóneo para realizar tales actividades. A continuación se detalla las actividades de reparación más comunes que se deben realizar con respecto a la investigación realizada en los tramos del colector. (ver tabla 3.2.2.3-b)

Tabla 3.2.2.3-b			
Principales actividades de reparación en tramos colector El Colegio			
Descripción	ELEMENTO DE LA ESTRUCTURA		
	SOLERA	HOMBROS	BOVEDA
ESTRUCTURA PARA DESVIO CAUDAL	EDCS		
ENLUCIDO CON IMPERMEABILIZANTE	EIS	EIH	EIB
LIMPIEZA DE SUPERFICIES CON QUIMICOS		LSH	LSB
REPARACIONES	RS	RH	RB
LIMPIEZA DE ESCOMBROS	LES		
REVOCADOS	RES	REH	REB
MEJORAMIENTO DE PENDIENTES	MPS		
CAMBIO DE SECCION (REDISEÑO)		CS	

Fuente: Javier Perugachi Abad

Actualmente la Epmaps está utilizando cintas de fibra de carbono para que en ciertos casos se pueda reforzar la estructura (acero de refuerzo) sin involucrar procesos de remediación complejos y se está obteniendo muy buenos resultados. Así mismo existen nuevos epóxicos en el mercado que permiten realizar aplicaciones puntuales en menos tiempo y con resultados eficientes. Otra actividad a realizar antes de cualquier intervención es el retiro de capas de agentes biológicos sobre todo en la superficie del hormigón expuesta al flujo continuo de caudales sanitarios. No obstante el retiro de capas con presencia de eflorescencias también debe ser esencial. Un buen mecanismo es la utilización de chorros a presión de agua mezclada con químicos de remoción.

3.3 ANEXOS DE PATOLOGÍA

CAPITULO IV

4. ESTUDIO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL

Como parte complementaria al Estudio Patológico de la estructura de conducción hidráulica denominada El Colegio, el presente capítulo hará mención a dos evaluaciones importantes como son el trabajo hidromecánico al que está expuesta la estructura sobre todo en épocas invernales, a través de un Estudio de evaluación hidráulica, y el comportamiento mecánico de la estructura en conjunto por medio de una valoración y posterior modelación Estructural. Para el primer caso se desarrollará el estudio de evaluación de manera completa a fin de obtener datos que permitan saber por qué la sección actual no está en capacidad de conducir de manera normal los caudales de gran volumen o excedentes captados aguas arriba, puesto que se sabe que el colector viene trabajando a presión debido a la fuga de caudales por los sumideros sobre todo en épocas invernales. Para el segundo caso se hará mención de los procesos necesarios que debe realizar el ingeniero estructural a fin de poder establecer comparaciones de la situación actual de la estructura con la condición inicial de diseño (modelación estructural), esto por cuanto este análisis estructural resulta ser muy complejo y debe ser realizado por un experto en el tema. No obstante el Patólogo debe tener un manejo adecuado de conceptos a fin de no caer en resultados que lleven a un mal proceso de reparación y/o remediación del sistema, o lo que es peor una mala calificación de vulnerabilidad.

4.1 ESTUDIO HIDRÁULICO.

Este estudio permite evaluar hidráulicamente a la estructura de conducción de caudales combinados, es decir, la unión de caudales sanitarios y de escorrentía superficial. Los datos obtenidos en el estudio hidrológico anteriormente señalado, nos permitirán trabajar de

manera adecuada con datos confiables y comprobados en el tiempo tanto por la EPMAPS, así como por el INAMHI².

Así mismo, se complementará la evaluación con la aplicación de normas existentes en el Diseño de Sistemas de Alcantarillado de la EPMAPS, normas que fueron desarrolladas en el año 2009 y de manera exclusiva para este tipo de estructuras por técnicos de la misma empresa. Para este caso en particular no se tomará en cuenta valores de infiltración a la estructura por aguas subterráneas puesto que no se tuvo registro de nivel freático en ninguno de los sondeos SPT del Estudio de Mecánica de suelos; sin embargo, se lo hace mención para que en el caso de tener flujos freáticos sean tomados en cuenta como un valor adicional al caudal calculado.

4.1.1 Metodología de Evaluación Hidráulica para el Colector “El Colegio”.

Principalmente este estudio se fundamenta en la formulación de Manning-Strickler, cuya teoría es bastante aplicable para el caso de sistemas que trabajan a gravedad, y dentro de los parámetros que nos servirán para realizar una efectiva evaluación hidráulica a estructuras de conducción de caudales existentes podemos citar los siguientes:

4.1.1.1 Velocidad en el Colector.

Acogiéndonos a lo que utiliza la EPMAPS en su normativa interna, se presenta a continuación la siguiente tabla que reúne los valores de las máximas velocidades admisibles por tipo de material y estructura, considerando que las mismas no generen efectos de erosión por arrastre de materiales u otros materiales propios de la escorrentía. (ver tabla 4.1.1.1)

2 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - Ecuador.

Tabla 4.1.1.1	
Velocidades Máximas Admisibles por material y estructura	
Material de la Tubería	Velocidad máxima (m/seg)
Tubería de Hormigón simple hasta 60 cm. de diámetro	4,5
Tubería de Hormigón armado de 60 cm. de diámetro o mayores.	6,0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm ²	6,0 – 6,5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm ² . Grandes conducciones	7,0 – 7,5
PEAD, PVC, PRFV	7,5
Acero *	9,0 o mayor
Hierro dúctil o fundido *	9,0 o mayor
* A ser utilizado en rápidas y/o tramos cortos	

Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009

Sin embargo, la misma normativa en el Capítulo de Sistemas de Alcantarillado Combinado, considera que 9,0 m/s debe ser utilizado como un valor máximo de velocidad en el diseño en canales, colectores de hormigón armado y tuberías termoplásticas o PVC, y en el caso de tener valores superiores considerar el diseño de estructuras de disipación de energía a fin de que el sistema se permita pasar de régimen supercrítico a subcrítico en varios de sus tramos.

Dentro de la aplicación para efectos de comprobación en cálculos de velocidades se emplea la siguiente expresión:

$$V = \frac{J^{\frac{1}{2}} * R^{2/3}}{n}$$

Dónde: V = Velocidad (m/s)

J = Gradiente del colector

R = Radio hidráulico (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

Los valores de la expresión anterior son fáciles de calcular, no así el coeficiente de rugosidad el cual ha sido determinado para cada tipo de material generalmente utilizado en la construcción de sistemas

hidráulicos de conducción de caudales, los cuales se pueden observar en la tabla 4.1.1.2.

Material de Revestimiento	Coeficiente "n"
Tuberías de PVC/PEAD/PRFV	0.011
Tuberías de hormigón (con buen acabado)	0.013
Tuberías de hormigón con acabado regular	0.014
Mampostería de piedra juntas con mortero de cemento.	0.020
Mampostería de piedra partida acomodada (sin juntas).	0.032
Ladrillo juntas con mortero de cemento.	0.015
Tierra (trazo recto y uniforme) sin vegetación.	0.025

Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009

Técnicos de la EPMAPS sugieren que se debe utilizar un valor de $n = 0.015$ para el caso de colectores de hormigón armado evaluados en sitio y un valor de $n = 0.013$ para el caso de diseño.

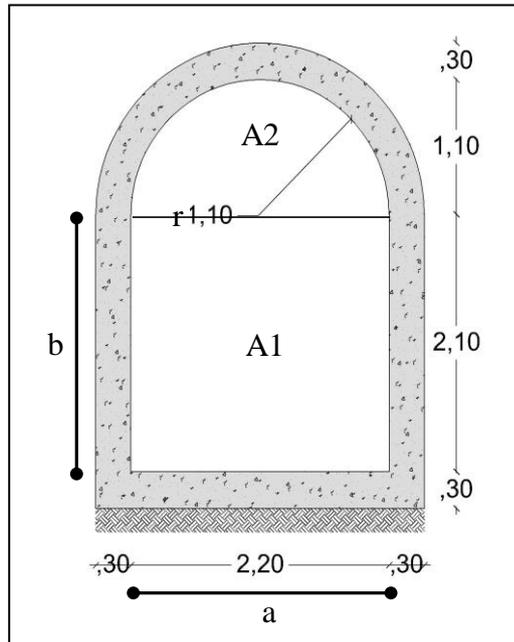
Para la obtención del Rádío Hidráulico es necesario la aplicación de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{A}{P}$$

Dónde: $A =$ área (m²)

$P =$ perímetro mojado (m)

Sin embargo, para efectos de cálculo se debe considerar como perímetro real al ancho de la solera (a) sumado las dos alturas del hombro (b), para el caso de colectores cerrados; es decir, $P = a + 2b$ (ver gráfico).



Fuente: Javier Perugachi Abad

4.1.2. Desarrollo de la Matriz de Evaluación Hidráulica del Colector El Colegio.

Con todos los parámetros anteriormente nombrados, se procede a realizar la Matriz de Evaluación Hidráulica del Colector “El Colegio” (Ver anexo 9), misma que al final permitirá realizar una Calificación Hidráulica por tramo; es decir, se podrá saber si se tiene velocidades excesivas en comparación con la norma y si además el colector en función del caudal calculado en comparación con el caudal admisible determinado en el Estudio Hidrológico trabaja a presión.

4.1.3 Calificación Hidráulica.

Para esto nos valemos de un cuadro de Calificación Hidráulica (Tabla 4.1.3), misma que en función de la Normativa que utiliza la EPMAPS, en lo que se refiere a velocidades máximas admisibles para estructuras de conducción de caudales combinados, establece un grado de afectación para los tramos en investigación. Las condiciones para la evaluación en este caso son propias para colectores; sin embargo, se puede desarrollar cuadros de calificación similares que permitan saber

el estado actual de trabajo hidromecánico en tuberías de diferentes tamaños y materiales.

Tabla 4.1.3 Calificación Hidráulica (colectores de hormigón armado)			
AMENAZA	COLOR	AFECTACION	CONDICIÓN
G0		LEVE	Si $V < 4,5\text{m/s}$
G1		BAJA	Si $4,5\text{m/s} \leq V \leq 7,5\text{m/s}$
G2		MEDIA	Si $7,5\text{m/s} \leq V \leq 9,0\text{m/s}$
G3		ALTA	Si $V > 9,0\text{m/s}$

Fuente: Calificación del Autor en función de las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009

Si bien las velocidades máximas resultan ser un problema para los sistemas de conducción, las velocidades mínimas al interior de estas estructuras también deben ser evaluadas e interpretadas por los técnicos. Generalmente cuando se tiene velocidades muy bajas, se debe a que el diseño estableció pendientes mínimas (1% ó menos) en tramos muy largos entre pozos, esto se debe evitar a toda costa, puesto que las estructuras para que trabajen normalmente con procesos de auto limpieza deben registrar velocidades superiores a 0.4m/s para caudales sanitarios y pendientes mayores al 1.5 ó 2.0% dependiendo de su topografía y caudal de diseño.

4.2 ESTUDIO ESTRUCTURAL

Con la finalidad de establecer el Estado Estructural del Colector “El Colegio” en sus tramos PCE 93 – PCE 94 y PCE 94 – PCE 95, es necesario por no disponer de planos de diseño originales, asumir valores de resistencia del hormigón de 280Kg/cm² y fluencia del acero

de refuerzo de 4200Kg/cm², debido a que el año que se supone fue construido 1991, ya se contaba con cierta normativa de construcción que establecía estos valores. Con esto y a través de los datos actuales obtenidos de los ensayos realizados en esta evaluación integral, es posible realizar una modelación estructural comparativa entre los valores de diseño y los resultados actuales obtenidos de los ensayos de compresión y tracción. Para esto también se utilizará los parámetros de suelo obtenidos en el Estudio de Mecánica de suelos y se valorará los datos de recubrimientos y diámetros encontrados.

4.2.1 Metodología de Evaluación Estructural.

Los resultados que el Patólogo espera obtener de esta modelación, por parte del técnico especialista en Estructuras es una comparación efectiva de condiciones de trabajo mecánico de la estructura en sus inicios (año 1991) con respecto a los valores obtenidos en el Estudio de Evaluación Patológica (año 2014), para esto es necesario plantear el siguiente espectro de cargas hipotéticas.

4.2.1.1 Cargas en los Hombros (Horizontal Ph)

Para esto la investigación se apoya en el estudio de Mecánica de Suelos mediante la aplicación de la Teoría de Terzagui, puesto que estas cargas están en función del empuje activo de suelo (k_a), la densidad del suelo de relleno que rodea a la estructura hidráulica (d_s) y la profundidad o altura de presión a la que se encuentra esta carga (h_s), siendo:

$$Ph = k_a * d_s * h_s$$

4.2.1.2 Cargas en la bóveda (Vertical Pv)

Continuando con el análisis para este tipo de carga una buena opción es aquella realizada por Proptodyakonov (Científico Ruso) en cuanto a clasificaciones Geomecánicas del maciso rocoso por medio de un coeficiente de resistencia, denominado "f". Este coeficiente establece la

calidad del maciso, para nuestro caso sobre la bóveda, pero apoyado por valores de densidad del suelo (d_s) y como datos importantes para el cálculo el ancho efectivo del colector (B) y la altura a la que se encuentra la carga (h_1), siendo:

$$P_v = d_s \cdot f \cdot h_1 / 2$$

Dónde:

$$f = c / q_a + \text{tg}(\emptyset)$$
$$h_1 = B / (2 \cdot f)$$
$$B = b + 2 \cdot h \cdot \text{tg}(45 - \emptyset / 2)$$

En ninguno de los casos se toma la carga hidráulica puesto que el estudio de Mecánica de suelos determinó que no existe nivel freático en ninguno de los tramos investigados; de lo contrario, se debería adicionar el valor de incidencia de esta carga.

4.2.1.3 Cargas Sísmicas

Para el caso de estructuras implantadas de manera subterránea (colectores) se debe considerar un porcentaje atribuido al peso propio de la estructura y un incremento en la presión del suelo. En este caso varios autores consideran utilizar como valor de Aceleración Máxima Efectiva $0.23 \cdot g$ y a la carga sísmica como $V = 0.36W$; sin embargo, para efectos de cálculo real se muestra la siguiente expresión:

$$V = 0.6 \cdot Z \cdot I \cdot W$$

4.2.2 Descripción del Método

Partiendo de información básica como es tener una estructura tipo baúl, de material hormigón armado de 0.30m de espesor en todos sus elementos constructivos, e implantada a una profundidad promedio de 18m, el modelo que mayormente se ajusta a los propósitos de la investigación es el Método de Elementos finitos; es decir, se lo hace a través de placas teóricamente conectadas en las esquinas. Así mismo,

el método deberá considerar que la estructura se encuentra implantada sobre un lecho elástico; por tanto, emplea el uso de springs o comúnmente llamados resortes, para lo cual el cálculo del módulo de balasto según Bowles está en función de la capacidad admisible del suelo (q_a), asumiendo un asentamiento de 25mm (de la solera), es decir:

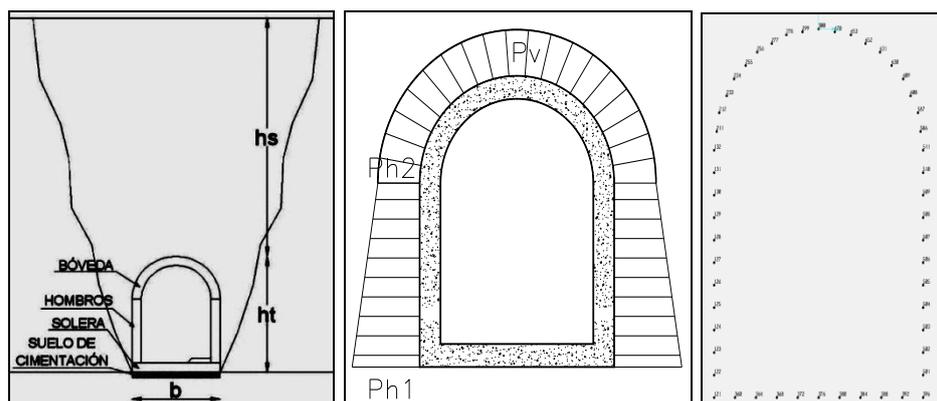
$$k_{sv} = 120 \cdot q_a \quad (\text{t/m}^3)$$

Dónde: k_{sv} = Módulo de balasto vertical

No así en hombros y bóveda, donde si bien es cierto también se utiliza los springs, el módulo de balasto es en horizontal y se lo obtiene en función del módulo de balasto vertical, es decir:

$$k_{sh} = k_{sv}/1.5$$

Dónde: k_{sh} = Módulo de balasto horizontal



Fuente: Departamento de Ingeniería de Proyectos de la EPMAPS, 2014

Por otro lado, al momento de realizar el análisis de combinaciones de carga, por tratarse de estructuras tipo colector, es necesario que estas sean factorizadas e incrementadas de acuerdo a lo que especifican los códigos ACI-318-99, ASSHTO y todas aquellas recomendaciones que se establece en el manual "Engineering and Desing STRENGTH

DESIGN FOR REINFORCED CONCRETE HIDRAULIC STRUCTURES”, de la siguiente manera:

- $U = 1.4(D+F)$
- $U = 1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ ó } R)$
- $U = 1.2D+1.6(L_r \text{ ó } R)+(1.0L \text{ ó } 0.8W)$
- $U = 1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_r \text{ ó } R)$
- $U = 0.9D+1.6W+1.6H$
- $U = 0.9D+1.0E+1.6H$

Dónde: U = Resistencia última (requerida)

D = Carga muerta

L = Carga viva

L_r = Carga viva de cubierta

W = Carga por viento

E = Efectos de carga por sismo

H = Carga debida al peso y empuje de suelo

F = Carga debida al peso y presión de fluidos

T = Efectos acumulados de variación de temperatura

R = Carga por lluvia

Finalmente es necesario disponer de factores de control para los diferentes materiales que conforman la estructura hidráulica y las diferentes solicitaciones a las que está expuesta, para una efectiva Calificación estructural de cada tramo en estudio siendo estas:

- Secciones controladas por tracción: $\phi=0.9$
- Secciones controladas por compresión:
 - a) Elementos con refuerzo en espiral $\phi=0.7$
 - b) Otros elementos reforzados $\phi=0.65$
- Cortante y torsión $\phi=0.75$
- Aplastamiento en el concreto $\phi=0.65$

4.2.3 Proceso de Calificación Estructural a sistemas existentes y en funcionamiento.

Por tratarse de una evaluación de carácter patológico a una estructura subterránea los datos que se requiere obtener por parte del Ingeniero Estructural, se basan en tres factores fundamentales: la sección del acero de refuerzo, el esfuerzo cortante y el análisis de momentos, parámetros estos que permitirán al patólogo establecer una adecuada calificación del estado de funcionamiento mecánico de la estructura.

Sin embargo debemos recordar que en capítulo III de esta investigación ya se hizo un análisis a los aceros extraídos para determinar su diámetro actual y se los evaluó en relación al diámetro de diseño. Por tanto nos enfocaremos en lo que concierne al Esfuerzo cortante comparando la variación que este ha sufrido en el tiempo (sección del hormigón) desde su construcción " V_c " hasta la actualidad; es decir, se deberá obtener el valor del esfuerzo cortante último " V_u " a través del cálculo bajo condiciones actuales de funcionamiento de la estructura, y también se hará un análisis del momento M_0 y M_1 para determinar una posible reducción de este en promedio. Al no disponer de normativa nacional o internacional, técnicos del Departamento de Ingeniería de Diseño de la EPMAPS sugieren utilizar porcentajes de comparación entre una y otra. Acogiendo estos criterios se propone la tabla de calificación (Tabla 4.2.3) a fin de establecer el grado de afectación en el que se encuentra la estructura.

Tabla 4.2.3			
Calificación Estructural - Esfuerzos cortantes			
VULNERABILIDAD	COLOR	AFECTACION	CONDICIÓN SI:
G0		LEVE	$V_c > V_u$
G1		BAJA	$0\% V_c \leq V_u < 10\% V_c$
G2		MEDIA	$10\% V_c \leq V_u < 20\% V_c$
G3		ALTA	$20\% V_c \leq V_u$

Fuente: Calificación del Autor en función de criterios de personal técnico de la EPMAPS

Mediante la utilización de la Lámina del supuesto armado (ver anexo 3), el especialista estructural dispondrá de información para la modelación de los elementos que conforman la estructura hidráulica de conducción de caudales combinados. Así mismo del Estudio de Mecánica de suelos podrá disponer de los parámetros para la aplicación y cálculo de las expresiones anotadas en la Metodología sugerida al inicio de este capítulo. Una vez realizado lo anteriormente descrito, se podrá realizar el análisis y evaluación estructural de cada tramo determinado en los nudos más críticos de la estructura, una comparación entre el acero inicial y el calculado; y por último, la comparación entre el esfuerzo cortante inicial y el último requerido (ver resultados de modelación estructural – Tablas: 4.2.3.1; 4.2.3.2; 4.2.3.3 y 4.2.3.4)

Tabla 4.2.3.1	
Modelación Estructural Tramo PCE 93 – PCE 94 (Condiciones Iniciales)	
EVALUACIÓN TRAMO PEC 93 - PEC 94 (CONDICIONES INICIALES)	
SOLERA (NUDO 121)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,68cm ² INSUFICIENTE
Son aproximadamente iguales	9% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 121)	
Vc= 14,83ton	Vu= 11,76ton OK
HOMBROS (NUDO 128)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,78cm ² INSUFICIENTE
Son aproximadamente iguales	15% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 132)	
Vc= 14,83ton	Vu= 7,32ton OK
BÓVEDA (NUDO 300)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,57cm ² INSUFICIENTE
Son aproximadamente iguales	2% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 300)	
Vc= 14,83ton	Vu= 0,50ton OK

EN LA SOLERA

SOLERA
SUELO DE CIMENTACIÓN

F1 = Fuerza Axial
F3 = Fuerza de Corte
M2 = Momento

EN LOS HOMBROS

HOMBROS
SUELO DE CIMENTACIÓN

F1 = Fuerza de Corte
F3 = Fuerza Axial
M2 = Momento

EN LA BÓVEDA

BÓVEDA
SUELO DE CIMENTACIÓN

F1 = Fuerza Axial
F3 = Fuerza de Corte
M2 = Momento

Fuente: Departamento de Ingeniería de Proyectos de la EPMAPS, 2014

Tabla 4.2.3.2	
Modelación Estructural Tramo PCE 93 – PCE 94 (Condiciones Actuales)	
EVALUACIÓN TRAMO PEC93 - PEC94 (CONDICIONES ACTUALES)	
SOLERA (NUDO 121)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,68cm ² INSUFICIENTE
	9% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 121)	
Vc= 14,29ton	Vu= 11,77ton OK
HOMBROS (NUDO128)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,77cm ² INSUFICIENTE
	15% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 132)	
Vc= 14,29ton	Vu= 7,28ton OK
BÓVEDA (NUDO 300)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,56cm ² INSUFICIENTE
Son aproximadamente iguales	1% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 300)	
Vc= 14,29ton	Vu= 0,50ton OK

EN LA SOLERA

SOLERA
SUELO DE CIMENTACIÓN

F1 = Fuerza Axial
F3 = Fuerza de Corte
M2 = Momento

EN LOS HOMBROS

HOMBROS
SUELO DE CIMENTACIÓN

F1 = Fuerza de Corte
F3 = Fuerza Axial
M2 = Momento

EN LA BÓVEDA

BÓVEDA
SUELO DE CIMENTACIÓN

F1 = Fuerza Axial
F3 = Fuerza de Corte
M2 = Momento

Fuente: Departamento de Ingeniería de Proyectos de la EPMAPS, 2014

TRAMO P_{EC} 93 - P_{EC} 94

ESTADO NORMAL "M0"

SOLERA:	M0 (Ton-m) =	6,86
HOMBROS:	M0 (Ton-m) =	-7,22
BOVEDA:	M0 (Ton-m) =	6,41

ESTADO ACTUAL "M1"

SOLERA:	M1 (Ton-m) =	6,83
HOMBROS:	M1 (Ton-m) =	-7,18
BOVEDA:	M1 (Ton-m) =	6,36

Tabla 4.2.3.3

Modelación Estructural Tramo PCE 94 – PCE 95 (Condiciones Iniciales)

EVALUACIÓN TRAMO P_{EC} 94 - P_{EC} 95 (CONDICIONES INICIALES)

SOLERA (NUDO 121)

Aceros:

As c/20= 1,54cm² **Ascalc c/20= 1,88cm² INSUFICIENTE**
22% INSUFICIENTE

Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 121)

V_c= 14,83ton **V_u= 12,84ton OK**

HOMBROS (NUDO 128)

Aceros:

As c/20= 1,54cm² **Ascalc c/20= 2,00cm² INSUFICIENTE**
30% INSUFICIENTE

Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 132)

V_c= 14,83ton **V_u= 8,45ton OK**

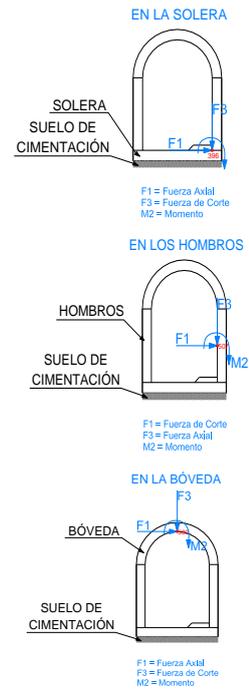
BÓVEDA (NUDO 300)

Aceros:

As c/20= 1,54cm² **Ascalc c/20= 1,75cm² INSUFICIENTE**
13% INSUFICIENTE

Esfuerzo Cortante: $V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 300)

V_c= 14,83ton **V_u= 0,56ton OK**



Fuente: Departamento de Ingeniería de Proyectos de la EPMAPS, 2014

Tabla 4.2.3.4	
Modelación Estructural Tramo PCE 94 – PCE 95 (Condiciones Actuales)	
EVALUACIÓN TRAMO P_{EC} 94 - P_{EC} 95 (CONDICIONES ACTUALES)	
SOLERA (NUDO 121)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 2,09cm ² INSUFICIENTE 36% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante:	$V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 121)
V _c = 13,21ton	V _u = 12,86ton OK
HOMBROS (NUDO 128)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 2,21cm ² INSUFICIENTE 43% INSUFICIENTE
Esfuerzo Cortante:	$V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 132)
V _c = 13,21ton	V _u = 8,31ton OK
BÓVEDA (NUDO 300)	
Aceros:	
As c/20= 1,54cm ²	Ascalc c/20= 1,92cm ² INSUFICIENTE 24% INSUFICIENTE
Son aproximadamente iguales	
Esfuerzo Cortante:	$V_c = \phi * 0.53 * (f_c^{0.5}) * b * d$ (NUDO 300)
V _c = 13,21ton	V _u = 0,56ton OK

EN LA SOLERA

F1 = Fuerza Axial
F3 = Fuerza de Corte
M2 = Momento

EN LOS HOMBROS

F1 = Fuerza de Corte
F3 = Fuerza Axial
M2 = Momento

EN LA BÓVEDA

F1 = Fuerza Axial
F3 = Fuerza de Corte
M2 = Momento

Fuente: Departamento de Ingeniería de Proyectos de la EPMAPS, 2014

TRAMO P_{EC} 94 - P_{EC} 95

ESTADO NORMAL "M0"

SOLERA:	M0 (Ton-m) =	7,62
HOMBROS:	M0 (Ton-m) =	-8,09
BOVEDA:	M0 (Ton-m) =	7,11

ESTADO ACTUAL "M1"

SOLERA:	M1 (Ton-m) =	7,53
HOMBROS:	M1 (Ton-m) =	-7,93
BOVEDA:	M1 (Ton-m) =	6,94

Una vez realizada la Modelación estructural por parte del especialista en estructuras, el Patólogo dispondrá de información que le permita realizar la calificación por Esfuerzo cortante (Anexo 10), proceso último para establecer el verdadero estado actual en que se encuentra la estructura de conducción hidráulica denominada El Colegio. Para esto se utilizará la matriz de Calificación en Condiciones Actuales y bajo los rangos de calificación que se presentaron en la Tabla 4.2.3.

4.3 ANEXOS HIDRÁULICOS Y ESTRUCTURALES

CAPITULO V

5. ESTUDIO DE COSTOS

Una vez que se ha determinado el estado actual de la estructura mediante la Calificación Patológica de la estructura (Período de colapso), Grado de amenaza hidráulico (Alto – trabaja a presión) y Calificación de Vulnerabilidad Estructural (Inhabilitación y/o rediseño), se presenta el siguiente estudio de costos a fin de posibilitar la construcción de los nuevos tramos del colector evaluados en este trabajo. Para esto de manera ordenada se deberá realizar el presupuesto referencial el cual permitirá al Ingeniero Proyectista disponer de un cuadro de cantidades y valores actualizados para establecer el volumen de obra y las actividades que deberá ejecutar para su remediación total de los tramos evaluados. El proceso consecutivo dado por la patología efectuada a los mismos, nos ha determinado realizar el cambio total de la estructura. Por otro lado la matriz de evaluación hidráulica al determinar que existe insuficiencia de la sección transversal del colector para conducir los caudales combinados en las condiciones actuales, sobre todo en su tramo más crítico PCE 93 – PCE 94, nos determina un aumento de esta sección en un 20%; criterio de diseño que resulta de la comparación del caudal del estudio hidrológico (84.80 m³) y el caudal que por la sección actual puede atravesar (67.53 m³). Por tanto se ha determinado que la base debe incrementarse de 2.20m en su sección interna a 2.80m, con lo cual se garantiza que el caudal extraordinario sea conducido de manera eficiente en estos tramos en particular (Anexo 11). Se sabe que a medida que va avanzando el colector aguas abajo su sección se va incrementando por tanto no tendrá problemas de carga hidráulica en el sentido del flujo a los tramos inmediatos y por ende la fuerza de presión actual se disminuiría drásticamente, evitando así la salida de flujos por las estructuras de captación de escorrentía en las vías aledañas. Finalmente, los datos arrojados por la modelación

estructural, presentan un ligero decremento de las condiciones de trabajo mecánico de la estructura; por tanto, se adopta el mismo armado inicial, dado que el esfuerzo cortante último es muy similar al esfuerzo cortante de diseño.

5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL

		Escuela de Ingeniería Civil			
PRESUPUESTO REFERENCIAL POR RUBROS - MODULOS					
REHABILITACIÓN DEL COLECTOR EL COLEGIO EN SUS TRAMOS PEC 93 - PEC 94 Y PEC 94 - PEC 95, UBICADO EN EL SECTOR DE PONCEANO, DEL DMQ.					
MODULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS Y PRELIMINARES					
ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTAL USD
001	CERRAMIENTO DE TOOL, ANGULO/TUBO RECT, PINGO/VIGA (6 USOS) SUMIN/MONT/PINTURA	m2	190,00	14,96	2842,40
002	DESVIÓ TUBERIA PLASTICA 1200 mm (1 USO)	m	474,00	57,43	27221,82
003	REPLANTEO Y NIVELACION	m2	948,00	1,49	1412,52
004	EXCAVACIÓN ZANJA A MAQUINA H>6.00m (EN TIERRA)	m3	22518,54	4,77	107413,44
005	DERROCAMIENTO HORMIGON ARMADO COLECTOR	m3	669,36	158,20	105892,25
006	RASANTEO DE ZANJA A MANO	m2	1338,00	1,25	1672,50
007	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	669,00	6,41	4288,29
008	DESALOJO DE MATERIAL 5KM CARGADO MECANICO	m3	1282,27	1,79	2295,26
009	SOBREACARREO (TRANSPORTE MEDIOS MECANICOS)	m3/Km	29492,16	0,36	10617,18
MODULO 2: CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA					
010	CAMA DE ARENA	m3	62,44	20,39	1273,15
011	TUBERIA PVC 200MM PERFORADA (MAT/TRAN/INST)	m	223,00	15,10	3367,30
012	SUB-BASE CLASE 3	m3	412,10	16,83	6935,71
013	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f'c=180KG/CM2	m3	62,44	119,18	7441,60
014	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	Kg	89365,24	1,91	170687,61
015	HORMIGON PREMEZCLADO f'c=280kg/cm2 - INCLUYE ENCOFRADO	m3	907,61	136,36	123761,70
016	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	20520,46	4,34	89058,80
017	CONTROL DE POLVO (INCL. AGUA Y TANQUERO)	m3	735,00	3,94	2895,90
MODULO 3: TRABAJOS VARIOS					
018	POZO REVISION H.A. H>18.00M (TAPA CERCO H.DUCTIL Y PELDAÑOS)	u	3,00	3595,68	10787,04
019	ROTURA DE PAVIMENTO A MAQUINA	m2	296,00	1,31	387,76
020	ASFALTO EN FRIO	m3	296,00	90,80	26876,80
021	ACERAS Y BORDILLOS H.S. (10CM- FC=180KG/CM2) INCLUYE PIEDRA BOLA	m2	34,00	21,65	736,10
022	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	m2	810,91	1,89	1532,62
023	ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON DENSÍMETRO NUCLEAR	u	80,00	20,39	1631,20
024	ROTULO CON CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO (PROVISIÓN Y MONTAJE)	m2	2,00	55,82	111,64
025	CONO DE SEÑALIZACIÓN VIAL	u	15,00	18,00	270,00
026	CINTA REFLECTIVA - ROLLO 3"X200 PIES (CON LEYENDA)	u	9,00	20,40	183,60
027	ELABORACIÓN DE PLANO AS BUILT LAMINA, TAMAÑO A0 ó A1	u	15,00	56,04	840,60
				SUB TOTAL USD \$	712434,78
RESUMEN DEL PROYECTO					
MODULO	DESCRIPCION	VALOR USD \$	%		
M1	MOVIMIENTO DE TIERRAS Y PRELIMINARES	263655,65	37,01		
M2	CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA	405421,77	56,91		
M3	TRABAJOS VARIOS	43357,36	6,09		
		SUB TOTAL USD \$	712434,78	100,00	

Elaborado por: JAVIER PERUGACHIABAD

5.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

La elaboración del análisis de precios unitarios de cada uno de los rubros que constan en el presupuesto referencial, han sido

desarrollados en función de los precios actualizados que maneja la EPMAPS y los salarios mínimos que por ley presenta la Contraloría General del Estado para el año 2015. Así mismo, el valor de indirectos de 20% es dato que utiliza la misma empresa y que recomienda para todos sus procesos de contratación.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
RUBRO: CERRAMIENTO DE TOOL, ANGULO/TUBO RECT, PINGO			UNIDAD:	M2
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
THINNER	GL	0,2300	7,9100	1,82
LIJA	HOJA	0,2500	0,5900	0,15
PINTURA ESMALTE	GL	0,0500	17,8800	0,89
PINTURA ANTICORROSIVA	GL	0,0500	14,0000	0,70
ELECTRODO 6011	KG	0,0500	3,6000	0,18
PINGO EUCALIPTO 4 A 7M	M	0,1333	0,7200	0,10
TOOL GALVANIZADO 0,8MM	M2	0,1667	4,7700	0,80
ANGULO 25X3MM	M	0,5550	0,8764	0,49
ALAMBRE GALVANIZADO 18	KG	0,0170	2,0000	0,03
TOTAL MATERIAL				5,15
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	1,0000	3,22
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	1,0000	3,18
TOTAL MANO DE OBRA				6,40
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
EQUIPO PINTURA	1	2,0000	0,1250	0,25
TALADRO ELECTRICO	1	1,1000	0,1250	0,14
SOLDADORA ELECTRICA 300A	1	1,0000	0,1250	0,13
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,2000	1,0000	0,40
TOTAL EQUIPO				0,91
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00
RESUMEN				
Material	5,15			
Mano de obra	6,40			
Equipo	0,91			
Transporte	0,00			
SUBTOTAL	12,46			
Costo indirecto 20%	2,49			
TOTAL	14,96			

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: DESVIO TUBERIA PLASTICA 1200MM (1 USO)

UNIDAD: M

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
TUBERIA PLASTICA 1200MM	M	1,0000	40,8400	40,84
PINGO EUCALIPTO 4 A 7M	M	0,2500	0,7200	0,18
ALAMBRE GALVANIZADO 18	KG	0,0210	2,0000	0,04
TOTAL MATERIAL				41,06

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	1,0000	3,22
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	1,0000	3,18
TOTAL MANO DE OBRA				6,40

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,2000	1,0000	0,40
TOTAL EQUIPO				0,40

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	41,06
Mano de obra	6,40
Equipo	0,40
Transporte	0,00
SUBTOTAL	47,86
Costo indirecto 20%	9,57
TOTAL	57,43

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACION

UNIDAD: M2

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
TIRA DE EUCALIPTO 2,5X2 CM	M	0,0750	0,1300	0,01
ESTACAS Y PIOLAS	GLB	0,0500	0,3300	0,02
TOTAL MATERIAL				0,03

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,1000	0,32
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,1000	0,32
ESTR OC C1 TOP	1	3,5700	0,1000	0,36
TOTAL MANO DE OBRA				1,00

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	0,1000	0,02
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	1	2,0000	0,1000	0,20
TOTAL EQUIPO				0,22

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	0,03
Mano de obra	1,00
Equipo	0,22
Transporte	0,00
SUBTOTAL	1,24
Costo indirecto 20%	0,25
TOTAL	1,49

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H>6,00M (EN TIERR)		UNIDAD: M3		
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		TOTAL MATERIAL		0,00
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,0600	0,19
ESTR OC D2 ENGRASADOR	1	3,2200	0,0600	0,19
ESTR OC C1 OEP GRUPO 1	1	3,5700	0,0600	0,21
		TOTAL MANO DE OBRA		0,60
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
RETROEXCAVADORA ORUGA	1	37,0000	0,0912	3,37
		TOTAL EQUIPO		3,37
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
		TOTAL TRANSPORTE		0,00
RESUMEN				
Material				0,00
Mano de obra				0,60
Equipo				3,37
Transporte				0,00
SUBTOTAL				3,97
Costo indirecto 20%				0,79
TOTAL				4,77

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: RASANTEO DE ZANJA A MANO

UNIDAD: M2

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
TOTAL MATERIAL				0,00

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,0860	0,27
ESTR OC C1 TOP	1	3,5700	0,0430	0,15
ESTR OC B3 INSPEC OBR	1	3,5700	0,0040	0,01
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,0860	0,28
TOTAL MANO DE OBRA				0,72

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	1,3000	0,26
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	1	2,0000	0,0330	0,07
TOTAL EQUIPO				0,33

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	0,00
Mano de obra	0,72
Equipo	0,33
Transporte	0,00
SUBTOTAL	1,04
Costo indirecto 20%	0,21
TOTAL	1,25

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA		UNIDAD: M2		
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
PINGO DE EUCALIPTO	M	2,0000	0,7200	1,44
TABLA DURA DE ENCOFR 0,20M	M	5,0000	0,3200	1,60
CLAVOS DE 2 A 8"	KG	0,0100	0,8040	0,01
TIRA DE MADERA 4X4 CM	M	1,5000	0,2000	0,30
TOTAL MATERIAL				3,35
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC E2 CAT I	2	3,1800	0,2000	1,27
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,2000	0,64
TOTAL MANO DE OBRA				1,92
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,2000	0,2000	0,08
TOTAL EQUIPO				0,08
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00
RESUMEN				
Material	3,35			
Mano de obra	1,92			
Equipo	0,08			
Transporte	0,00			
SUBTOTAL	5,34			
Costo indirecto 20%	1,07			
TOTAL	6,41			

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: SOBRECARRERO (TRANSPORTE MEDIOS MECANICO)

UNIDAD: M3/KM

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
TOTAL MATERIAL				0,00

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC C1 CHOFER PROF	1	4,6700	0,0140	0,07
TOTAL MANO DE OBRA				0,07

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
VOLQUETA 8 M3	1	17,0000	0,0140	0,24
TOTAL EQUIPO				0,24

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	0,00
Mano de obra	0,07
Equipo	0,24
Transporte	0,00
SUBTOTAL	0,30
Costo indirecto 20%	0,06
TOTAL	0,36

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: CAMA DE ARENA

UNIDAD: M3

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
POLVO ARENA DE PIEDRA	M3	1,1000	14,2100	15,63
TOTAL MATERIAL				15,63

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,2000	0,64
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,2000	0,64
TOTAL MANO DE OBRA				1,28

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,2000	0,2000	0,08
TOTAL EQUIPO				0,08

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	15,63
Mano de obra	1,28
Equipo	0,08
Transporte	0,00
SUBTOTAL	16,99
Costo indirecto 20%	3,40
TOTAL	20,39

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: TUBERIA PVC 200MM PERFORADA (MAT/TRAN/INST)

UNIDAD: M

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
PEGAMENTO TUBERIAS PLAST	GL	0,0080	31,0000	0,25
TUBO PVC PERF DNI 200MM	M	1,0000	12,2500	12,25
TOTAL MATERIAL				12,50

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,0130	0,04
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,0130	0,04
TOTAL MANO DE OBRA				0,08

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	0,0110	0,00
TOTAL EQUIPO				0,00

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	12,50
Mano de obra	0,08
Equipo	0,00
Transporte	0,00
SUBTOTAL	12,58
Costo indirecto 20%	2,52
TOTAL	15,10

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: SUB BASE CLASE 3

UNIDAD: M3

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
MATERIAL SUB BASE CL III (OBRA)	M3	1,1000	9,0600	9,97
TOTAL MATERIAL				9,97

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,2000	0,64
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,6000	1,91
TOTAL MANO DE OBRA				2,55

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	0,2000	0,04
PLANCHA VIBROAPISONADORA	1	2,4400	0,6000	1,46
TOTAL EQUIPO				1,50

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	9,97
Mano de obra	2,55
Equipo	1,50
Transporte	0,00
SUBTOTAL	14,02
Costo indirecto 20%	2,80
TOTAL	16,83

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f'c=180Kg/cm2

UNIDAD: M3

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
HORMIGÓN SIMPLE F'C=180KG/CM	M3	1,0000	63,0300	63,03
TOTAL MATERIAL				63,03

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 CAT III	8	3,2200	1,1000	28,34
ESTR OC E2 CAT I	2	3,1800	0,5000	3,18
ESTR OC C1 MAEST OBRA	1	3,5700	0,5000	1,79
TOTAL MANO DE OBRA				33,30

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	3	0,2000	1,1000	0,66
CONCRETERA 1 SACO	1	2,1000	0,7500	1,58
VIBRADOR	1	1,0000	0,7500	0,75
TOTAL EQUIPO				2,99

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	63,03
Mano de obra	33,30
Equipo	2,99
Transporte	0,00
SUBTOTAL	99,32
Costo indirecto 20%	19,86
TOTAL	119,18

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ACERO REFUERZO fy=4200Kg/cm2 (SUMINISTRO, CO

UNIDAD: KG

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
ACERO REFUERZO FY=4200KG/CM	KG	1,0000	1,1100	1,11
ALAMBRE DE AMARRE # 18	KG	0,0400	3,0000	0,12
TOTAL MATERIAL				1,23

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 FIERRERO	1	3,2200	0,0400	0,13
ESTR OC C1 MAEST OBRA	1	3,5700	0,0400	0,14
TOTAL MANO DE OBRA				0,27

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	0,0400	0,01
CIZALLA	1	2,0000	0,0400	0,08
TOTAL EQUIPO				0,09

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	1,23
Mano de obra	0,27
Equipo	0,09
Transporte	0,00
SUBTOTAL	1,59
Costo indirecto 20%	0,32
TOTAL	1,91

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: HORMIGON PREMEZCLADO f'c=280Kg/cm2 INC ENCO **UNIDAD: M3**

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
HORMIGÓN PREMEZ F'C=280KG/CM	M3	1,0000	76,0000	76,00
TOTAL MATERIAL				76,00

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 ALB	2	3,2200	1,1000	7,08
ESTR OC E2 CAT I	6	3,1800	1,1000	20,99
ESTR OC D2 CARP	3	3,2200	1,1000	10,63
ESTR OC C1 MAEST OBRA	1	3,5700	1,1000	3,93
TOTAL MANO DE OBRA				42,63

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	4	0,2000	1,1000	0,88
BOMBA PARA HORMIGON	1	3,0000	1,1000	3,30
ENCOFRADO METALICO	12	0,3500	1,1000	4,62
VIBRADOR	1	1,0000	1,1000	1,10
TOTAL EQUIPO				9,90

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	76,00
Mano de obra	42,63
Equipo	9,90
Transporte	0,00
SUBTOTAL	128,53
Costo indirecto 20%	25,71
TOTAL	154,23

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: RELLENO COMPACTADO (MATERIAL EXCAVACIÓN)			UNIDAD: M3	
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
TOTAL MATERIAL				0,00
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	0,4000	1,29
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,4000	1,27
TOTAL MANO DE OBRA				2,56
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	0,4000	0,08
PLANCHA VIBROAPISONADORA	1	2,4400	0,4000	0,98
TOTAL EQUIPO				1,06
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00
RESUMEN				
Material				0,00
Mano de obra				2,56
Equipo				1,06
Transporte				0,00
SUBTOTAL				3,62
Costo indirecto 20%				0,72
TOTAL				4,34

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: CONTROL DE POLVO (INCL. AGUA Y TANQUERO)

UNIDAD: M3

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
AGUA	M3	1,0000	0,6600	0,66
TOTAL MATERIAL				0,66

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC C1 (CHOFER PROF)	1	4,6700	0,1200	0,56
ESTR OC D2 ENGRASADOR	1	3,2200	0,1200	0,39
TOTAL MANO DE OBRA				0,95

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
TANQUERO 5M3	1	14,0000	0,1200	1,68
TOTAL EQUIPO				1,68

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	0,66
Mano de obra	0,95
Equipo	1,68
Transporte	0,00
SUBTOTAL	3,29
Costo indirecto 20%	0,66
TOTAL	3,94

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ROTURA DE PAVIMENTO A MAQUINA			UNIDAD: M2	
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		TOTAL MATERIAL		0,00
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC B3 INSP OBRA	1	3,5700	0,0250	0,09
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	0,0250	0,08
ESTR OC C1 OEP GRUPO 1	1	3,5700	0,0250	0,09
ESTR OC D2 ENGRASADOR	1	3,2200	0,0250	0,08
		TOTAL MANO DE OBRA		0,34
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
FRESADORA DE PAVIMENTO	1	30,0000	0,0250	0,75
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	0,0250	0,01
		TOTAL EQUIPO		0,76
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
		TOTAL TRANSPORTE		0,00
RESUMEN				
Material		0,00		
Mano de obra		0,34		
Equipo		0,76		
Transporte		0,00		
SUBTOTAL		1,09		
Costo indirecto 20%		0,22		
TOTAL		1,31		

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ASFALTO EN FRIO

UNIDAD: M3

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
LASTRE (EN OBRA)	M3	0,6000	7,7500	4,65
ASFALTO AP-3 RC-350	KG	39,0000	0,2500	9,75
PIEDRA BOLA (EN OBRA)	M3	1,8100	10,6300	19,24
MATERIAL GRANULAR (EN OBRA)	M3	0,9200	10,0000	9,20
MATERIAL FINO CRIBADO (EN OBR)	M3	0,7500	10,0000	7,50
TOTAL MATERIAL				50,34

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC C2 CAT IV	1	3,3900	0,2700	0,92
ESTR OC D2 CAT III	1	3,2200	2,7000	8,69
ESTR OC E2 CAT I	1	3,1800	2,7000	8,59
TOTAL MANO DE OBRA				18,20

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,2000	2,7000	0,54
PLANCHA VIBROAPISONADORA	1	2,4400	2,7000	6,59
TOTAL EQUIPO				7,13

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	50,34
Mano de obra	18,20
Equipo	7,13
Transporte	0,00
SUBTOTAL	75,66
Costo indirecto 20%	15,13
TOTAL	90,80

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ACERAS Y BORDILLOS HS (10CM F'C=180KG/CM2) IN

UNIDAD: M2

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
CEMENTO	KG	35,0000	0,2600	9,10
ARENA	M3	0,1000	14,2100	1,42
RIPIO	M3	0,1400	13,1600	1,84
AGUA	M3	0,0360	1,0000	0,04
TOTAL MATERIAL				12,40

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC D2 ALB	1	3,2200	0,2000	0,64
ESTR OC D2 CARP	1	3,2200	0,2000	0,64
ESTR OC E2 CAT I	4	3,1800	0,2000	2,54
ESTR OC C1 MAEST OBRA	1	3,5700	0,2000	0,71
TOTAL MANO DE OBRA				4,55

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	4	0,2000	0,2000	0,16
CONCRETERA 1 SACO	1	2,1000	0,2000	0,42
ENCOFRADO METALICO	4	0,4000	0,2000	0,32
VIBRADOR	1	1,0000	0,2000	0,20
TOTAL EQUIPO				1,10

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	12,40
Mano de obra	4,55
Equipo	1,10
Transporte	0,00
SUBTOTAL	18,05
Costo indirecto 20%	3,61
TOTAL	21,65

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA			UNIDAD: M2	
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
		TOTAL MATERIAL		0,00
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC E2 CAT I	4	3,1800	0,1200	1,53
			TOTAL MANO DE OBRA	
				1,53
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,2000	0,1200	0,05
			TOTAL EQUIPO	
				0,05
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
			TOTAL TRANSPORTE	
				0,00
RESUMEN				
Material		0,00		
Mano de obra		1,53		
Equipo		0,05		
Transporte		0,00		
SUBTOTAL		1,57		
Costo indirecto 20%		0,31		
TOTAL		1,89		

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON DENSÍMETRO NUC				UNIDAD:	U
1. MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		TOTAL MATERIAL			0,00
2. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO	
ESTR OC C1 LABORATORISTA	1	3,5700	0,4060	1,45	
ESTR OC D2 AYUD LABORAT	1	3,2200	0,4060	1,31	
ESTR OC C1 CHOFER PROF	1	4,6700	0,4060	1,90	
		TOTAL MANO DE OBRA			4,65
3. EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO	
EQUIPO LABORATORIO DE SUELO	1	25,0000	0,4060	10,15	
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,2000	0,4060	0,16	
CAMIONETA 2000CC DOBLE TRAC	1	5,0000	0,4060	2,03	
		TOTAL EQUIPO			12,34
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO	
				0,00	
		TOTAL TRANSPORTE			0,00
RESUMEN					
Material	0,00				
Mano de obra	4,65				
Equipo	12,34				
Transporte	0,00				
SUBTOTAL	17,00				
Costo indirecto 20%	3,40				
TOTAL	20,39				

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: ROTULOS CON CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO (UNIDAD:	M2
1. MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
ROTULOS CON CARACTERISTICAS	M2	1,0000	46,5200	46,52	
TOTAL MATERIAL				46,52	
2. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO	
TOTAL MANO DE OBRA				0,00	
3. EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO	
TOTAL EQUIPO				0,00	
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO	
				0,00	
TOTAL TRANSPORTE				0,00	
RESUMEN					
Material				46,52	
Mano de obra				0,00	
Equipo				0,00	
Transporte				0,00	
SUBTOTAL				46,52	
Costo indirecto 20%				9,30	
TOTAL				55,82	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: CONO DE SEÑALIZACIÓN VIAL			UNIDAD: U	
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
CONO SEÑALIZACIÓN VIAL	UNIDAD	1,0000	15,0000	15,00
			TOTAL MATERIAL	15,00
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
			TOTAL MANO DE OBRA	0,00
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
			TOTAL EQUIPO	0,00
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
			TOTAL TRANSPORTE	0,00
RESUMEN				
Material				15,00
Mano de obra				0,00
Equipo				0,00
Transporte				0,00
SUBTOTAL				15,00
Costo indirecto 20%				3,00
TOTAL				18,00

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



RUBRO: CINTA REFLECTIVA - ROLLO 3"X200 PIES (CON LEYE)

UNIDAD: U

1. MATERIAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
CINTA REFLECTIVA - ROLLO 3"X200	RLLO	1,0000	17,0000	17,00
TOTAL MATERIAL				17,00

2. MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
TOTAL MANO DE OBRA				0,00

3. EQUIPO

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
TOTAL EQUIPO				0,00

4. TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
TOTAL TRANSPORTE				0,00

RESUMEN

Material	17,00
Mano de obra	0,00
Equipo	0,00
Transporte	0,00
SUBTOTAL	17,00
Costo indirecto 20%	3,40
TOTAL	20,40

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
RUBRO: ELABORACIÓN DE PLANOS ASBUILT LAMINA, TAMA				UNIDAD: U
1. MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
PAPEL CALCO TIPO A1	U	1,0000	0,7500	0,75
TOTAL MATERIAL				0,75
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	SALARIO HORA	RENDIMIENTO H/HOMBRE	COSTO
ESTR OC B1 ING SANIT	1	5,0000	5,0000	25,00
ESTR OC C2 DIBUJ	1	3,3900	5,0000	16,95
TOTAL MANO DE OBRA				41,95
3. EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	NÚMERO	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/EQUIPO	COSTO
PLOTTER/IMPRESORA COLOR	1	0,5000	5,0000	2,50
COMPUTADORA	1	0,3000	5,0000	1,50
TOTAL EQUIPO				4,00
4. TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA	TARIFA/KM	CONSUMO	COSTO
				0,00
TOTAL TRANSPORTE				0,00
RESUMEN				
Material	0,75			
Mano de obra	41,95			
Equipo	4,00			
Transporte	0,00			
SUBTOTAL	46,70			
Costo indirecto 20%	9,34			
TOTAL	56,04			

5.3 CRONOGRAMA VALORADO

Comprende el tiempo que se requerirá para realizar el cambio total de los tramos evaluados. Por tratarse de obras que conllevan procesos muy complejos de construcción, sobre todo por encontrarse al interior del suelo, los tiempos que se presenta en el Cronograma Valorado (Anexo 12), corresponden a un rendimiento real tanto del personal que labora en la construcción; así como, de los equipos con un margen por seguridad.

5.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Estas son una recopilación del compendio completo que dispone la EPMAPS en su base de datos, mismas que han sido generosamente facilitadas para la elaboración de este estudio, por cuanto se argumenta que es información abierta para cualquier persona que las requiera. (Anexo 13).

5.5 ANEXOS ESTUDIO DE COSTOS

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES

El Colector El Colegio, es una estructura hidráulica principal para la captación (redes secundarias), conducción y descarga de caudales sanitarios y de escorrentía superficial de un amplio sector del norte de Quito.

6.1.1 Tramo PEC 93 – PEC 94 y PEC 94 – PEC 95

- Estos tramos están cimentados a una profundidad entre 16 y 18m aproximadamente, en suelos de tipo limo arenoso (ML) y arenas limosas (SM), de compresibilidad baja a media y una aceptable capacidad portante sobre todo en lo que se refiere a su resistencia al corte.
- La Inspección visual concluye que estos tramos sufren afectaciones que ubican a la estructura en un grado de vulnerabilidad media; sin embargo, la presencia de hierros expuestos y deformaciones en sus elementos genera un grado de afectación alto.
- Por factores externos que amenazan a la estructura, tenemos que el agua que se conduce a través del colector, no es un agente agresivo por encontrarse dentro de los parámetros normales de contaminación, no así el suelo de contorno el cual si presenta un grado de amenaza por ser de relleno con alto contenido de material orgánico y muy susceptible a que se presenten deformaciones internas en su estructura como por ejemplo la tubificación, licuación, entre otros.
- Por factores internos como elementos vulnerables a la estructura, tenemos que el hormigón presenta buenas condiciones de funcionamiento, pues la resistencia a la compresión presenta una reducción hasta cierto modo normal tomando en cuenta los años de servicio del colector. La capa de pasividad presenta una reducción progresiva entre 2 y 3 cm,

fruto de la erosión por altas velocidades de flujo. Finalmente el acero de refuerzo está expuesto en varios tramos y genera un alto nivel de corrosión y vulnerabilidad media.

- La calificación Patológica a estos tramos nos da como resultado tener una percepción de riesgo alta y un grado de vulnerabilidad a la estructura de tipo G3 (alto). Por tanto, se concluye que la estructura en estos tramos ya ha cumplido con su vida útil y se encuentra en período de colapso.
- La Evaluación hidráulica determinó velocidades superiores a las permitidas por la norma de la EPMAPS y deficiencia de sección para conducir el caudal que se recoge en épocas invernales (trabaja a presión), permitiendo la salida del flujo a través de sumideros y pozos de revisión.
- El estudio estructural realizado a los materiales y zonas críticas de armado (nudos), ha develado que la estructura por esfuerzo cortante presenta un grado de amenaza leve, pero por otro lado, el acero de refuerzo, si ha disminuido en su diámetro incrementando el grado de amenaza.
- El presente estudio, en los tramos PCE 93 – PCE 94 y PCE 94 – PCE 95, se encuentran en período de colapso progresivo y es necesario que sea tomado en cuenta en los procesos de intervención para el presente año, puesto que su estado actual no garantiza un correcto funcionamiento mecánico e hidráulico.

6.2 RECOMENDACIONES

Una vez que se ha concluido la evaluación del colector El Colegio en sus dos tramos evaluados se encuentra en período de colapso se procede a realizar las siguientes recomendaciones.

6.2.1 Tramo PEC 93 – PEC 94 y PEC 94 – PEC 95

- El nuevo diseño de la estructura debe contemplar un estrato de mejoramiento de suelo bajo la cimentación de la estructura; así mismo, en el relleno del suelo circundante se deben realizar controles de compactación con ensayos de densidad (95% proctor - espesor capas 0.60m) con un suelo de mejores condiciones al existente y en lo posible verificaciones cada 80m de longitud.
- Se debe realizar un sistema de drenaje paralelo al nuevo colector con tubería PVC de drenaje Ø 200 mm (DNI), para captar los flujos de infiltración y descargarlos de manera conjunta a la quebrada La Esperanza. Tómese en cuenta que las quebradas son sistemas naturales de conducción y aun cuando han sido rellenadas siguen funcionando.
- Al encontrarse la estructura en grado de vulnerabilidad alto, no se puede hacer recomendaciones de reparación y/o rehabilitación pues resultarían hasta cierto punto innecesarias y demasiado costosas.
- Es necesario se amplíe la sección transversal del colector para poder conducir de manera eficiente el caudal de diseño, involucrando la implementación de disipadores de energía que eviten procesos severos de abrasión en la estructura.
- El nuevo diseño, debe cumplir con la actual Norma Ecuatoriana de la Construcción y especificaciones técnicas de la EPMAPS, para este tipo de estructuras. En la etapa de construcción la fiscalización debe hacer un seguimiento y control constante de los procesos constructivos y la calidad de los materiales, ya que de esto dependerá que la nueva estructura cumpla con su vida útil proyectada y no sea una estructura con fallas constructivas.
- Todos los procesos de mantenimiento al interior del colector deben ser supervisados por un especialista en seguridad. Para el caso de enlucidos y revoques es necesario realizar procesos

de limpieza del acero al descubierto con elementos antioxidantes y utilizar aditivos que permitan una efectiva unión entre el hormigón antiguo y el nuevo. Así mismo, la estructura de desvío debe garantizar que el sitio de intervención este totalmente seco y tenga las dimensiones adecuadas para que el personal labore de manera cómoda y segura.

6.3 ANEXO FOTOGRÁFICO

ARCHIVO FOTOGRAFICO	DESCRIPCIÓN
	<p>Personal de la EPMAPS y técnicos particulares que intervinieron en la investigación</p>
	<p>Ing. Fernando Mayorga - Jefe de Colectores Principales y Plantas de Tratamiento de la EPMAPS</p>
	<p>Charla de seguridad antes del ingreso a la estructura de conducción de caudales combinados</p>
	<p>Ubicación de Pozo PCE 93</p>
	<p>Colocación de trajes impermeables (pescadores) especiales para este tipo de trabajo</p>
	<p>Técnicos que ingresan al colector, se utiliza grapones de escalada para una mejor fijación al caminar sobre caudal de alta velocidad</p>
	<p>Ingreso de equipos y personal por el pozo PCE 95</p>
	<p>Colocación de línea de vida y elementos de seguridad</p>

	<p>Metodología de Inspección visual al interior del colector</p>
	<p>Foto facilitada por moradores que indica que el colector tiene deficiencia hidráulica y genera zonas de inundación que afectan al sector</p>

6.4 GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Absorción.- Introducción o disminución de una sustancia dentro o a través de otra.

Actividades de verificación Tareas de inspección, ensayo y control relacionadas con la gestión ambiental.

Abrasión.- Es la erosión típica de estructuras hidráulicas tales como presas, túneles y estribos de puentes u otras estructuras, que están sujetos a la acción de materiales abrasivos llevados por el agua corriente o por el viento.

Aditivos.- Sustancias que son agregadas a un producto cualesquiera considerados como materia primordial y que inciden sobre alguna de sus características físico químicas. Desde el punto de vista ambiental, en algunos casos, el aditivo agregado a un producto suele ser más perjudicial que el producto mismo.

Afectaciones.- Son aquellos signos o enfermedades identificadas mediante la observación de los primeros síntomas característicos como son: tipos, magnitud y cantidad de los daños.

Agua residual.- El término agua negra, más comúnmente utilizado en plural, aguas negras, define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

A las aguas negras también se les llama aguas servidas, aguas residuales, aguas fecales, o aguas cloacales. Son residuales, habiendo

sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Agresividad.- Las condiciones del medio ambiente que rodea una estructura de concreto simple o reforzado, tienen una incidencia directa sobre los procesos de deterioro de la misma y para ello, deben tenerse en cuenta el microclima, el clima local, y el microclima.

Alcalinidad.- La alcalinidad del agua, es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. El valor medido puede variar significativamente con el pH del punto final utilizado.

Ataques.- Es la degradación o la desintegración del concreto, como consecuencia de su contacto con sustancias agresivas que se pueden encontrar en forma líquida, gaseosa o aun sólida, siendo uno de los temas más estudiados dentro de la patología del concreto.

B

Bóveda.- es una obra de mampostería o fábrica de forma curva, que sirve para cubrir el espacio comprendido entre dos muros o una serie de pilares alineados.

C

Carbonatación.- Es un tipo particular de reacción acida, pero de excepcional importancia en la durabilidad del concreto. Se debe a la penetración por difusión del dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO₂), del aire atmosférico o del suelo, en la estructura porosa de la superficie del concreto.

Carbonatos.- Los carbonatos son las sales del ácido carbónico o ésteres con el grupo R-O-C(=O)-O-R'. Las sales tienen en común el

anión CO_3^{2-} y se derivan del hipotético ácido carbónico H_2CO_3 . Según el pH (la acidez de la disolución) están en equilibrio con el bicarbonato y el dióxido de carbono.

La mayoría de los carbonatos, aparte de los carbonatos de los metales alcalinos, son poco solubles en agua. Debido a esta característica son importantes en geoquímica y forman parte de muchos minerales y rocas.

El carbonato más abundante es el carbonato cálcico (CaCO_3) que se halla en diferentes formas como calcita, aragonita (una modificación formada a altas temperaturas), en la forma maciza como caliza, como mineral metamórfico en forma de mármol y es a menudo el cemento natural de las piedras areniscas.

Sustituyendo una parte del calcio por magnesio se obtiene la dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ que recibe su nombre por una formación rocosa en los Alpes donde abunda.

Muchos carbonatos son inestables a altas temperaturas y pierden dióxido de carbono mientras se transforman en óxidos.

Cavitación.- Genera huecos y cavitaciones debidos a la formación de burbujas de vapor cuando la velocidad del agua es muy alta y está acompañada de presiones negativas.

Cloruros.- Es un indicador de salinidad y contaminación de las aguas naturales, su concentración se relaciona perfectamente con otros indicadores.

Concreto.- Está compuesto de cemento calcáreo, agua, agregados o áridos, aire, aditivos, y eventualmente adiciones.

Contaminación.- Liberación de sustancias que de manera directa o indirecta, que causan efectos adversos sobre el medio ambiente y los seres vivos. *Existencia en el ambiente de contaminantes o agentes tóxicos o infecciosos que entorpecen o perjudican la vida, la salud y el bienestar del hombre, la fauna y la flora; que degradan la calidad del ambiente y en general, el equilibrio ecológico y los bienes particulares y públicos *Existencia en el ambiente de contaminantes o agentes tóxicos o infecciosos que entorpecen o perjudican la vida, la salud y el bienestar del hombre, la fauna y la flora; que degradan la calidad del

ambiente y, en general, el equilibrio ecológico y los bienes particulares y públicos.

Compresión.- El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiene a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. En general, cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión, como cizallamiento o torsión, todos estos esfuerzos conllevan la aparición de tensiones tanto de tracción como de compresión.

Corrosión. -Es el proceso de reacción entre el metal y alguna sustancia del medio ambiente que lo rodea; y el resultado es una oxidación destructiva del metal, esta puede ser química o electroquímica.

Cultivos biológicos.- Surgen como consecuencia de la biorreceptividad que ofrecen las superficies de concreto (sobre todo si estas tienen textura rugosa), a la proliferación de microorganismos, se afecta el aspecto del concreto no solo por las manchas y cambios de color, sino también, porque su principal efecto desfavorable es que mantiene húmeda la superficie del concreto, lo cual promueve los mecanismos de deterioro, y los mecanismos de daño.

D

Despasivación.- El recubrimiento de concreto que se hace sobre el acero de refuerzo de una estructura de concreto es conocido como la capa protectora o pasivadora, que protege al acero de la acción agresiva de ciertas sustancias o elementos que pueden ocasionar deterioro o corrosión del acero de refuerzo.

Diagnostico.- Es el dictamen que se basa en una inspección (puede ser acompañado de mediciones, auscultación y/o exploración); unos ensayos y análisis de los mismos, y una evaluación estructural si fuese necesario.

Dislocación.- lesión articular, separación de miembros.

Durabilidad.- Se entiende como la capacidad que tienen las estructuras de hormigón armado de resistir el ataque del medio ambiente.

E

Eflorescencias.- Se lo emplea para describir depósitos que se forman algunas veces sobre la superficie de los concretos, los morteros u otros materiales de construcción.

L

Lixiviación.- Descomposición y lavado de los compuestos de la pasta de cemento, como consecuencia de las reacciones químicas que experimenta el concreto por acción de ácidos, aguas blandas, ataque de sales o ataque de sulfatos, o reacciones álcali-agregados.

M

Mantenimiento preventivo.- Contempla los trabajos de reparación necesarios para impedir posibles deterioros o el desarrollo de defectos ya apreciados. Ej.: Limpieza de sistemas de drenaje.

Mantenimiento correctivo.- Hace referencia a la restitución de las condiciones originales del diseño, de manera tal que se restablezcan los materiales, la forma o la apariencia de la estructura. Ej.: La restauración de estructuras.

Mantenimiento curativo.- Tiene lugar cuando hay que reemplazar porciones o elementos de una estructura, por deterioró o defecto. Ej.: La demolición y reparación de miembros estructurales.

P

Patología del hormigón.- Etimológicamente la palabra Patología viene del griego “paethothos” sufrimiento o daño y “logos” estudio. Y es el estudio sistemático de las enfermedades, defectos y daños que se producen cuando una estructura es atacada por el medioambiente y/o catástrofe.

Permeabilidad.- Consiste en que este material pueda ser atravesado por un fluido (líquidos, gases, iones) a causa de una diferencia de presión entre las dos superficies opuestas al material.

Porosidad.- Esta definida como la cantidad de espacios que quedan inmersos dentro de la masa del material, como consecuencia de la

evaporación del agua libre de la mezcla y de la presencia de aire naturalmente atrapado.

Preservación - Proceso de mantener una estructura en su condición presente y contrarrestar posteriores deterioros.

Pronóstico.-Juicio que forma el técnico a partir de los síntomas del desarrollo previsible de una afectación.

Reforzamiento.-Proceso mediante el cual se incrementa la capacidad de una estructura o de una parte de ella, para resistir cargas.

R

Rehabilitación.-Proceso de reparar o modificar una estructura hasta llevarla a una condición deseada (intervención de modificación).

Reparación.- Proceso de remplazar o corregir materiales, componentes o elementos de una estructura, los cuales se encuentran deteriorados, dañados o defectuosos.

Restauración.- Proceso de restablecer los materiales, la forma o la apariencia que tenía una estructura en una época determinada.

Resistencia.- Se refiere a la capacidad de los sólidos deformables para soportar tensiones sin alterar su estructura interna o romperse.

S

Sales.- Las sales minerales son moléculas inorgánicas de fácil ionización en presencia de agua y que en los seres vivos aparecen tanto precipitadas como disueltas.

Las sales minerales disueltas en agua siempre están ionizadas. Estas sales tienen función estructural y funciones de regulación del pH, de la presión osmótica y de reacciones bioquímicas, en las que intervienen iones específicos. Participan en reacciones químicas a niveles electrolíticos.

Solera.- es la capa de hormigón horizontal con un espesor de 5 a 25 cm –que dependerá del uso, sobre un terreno compactado. Puede ser de hormigón armado, para soportar la flexión. Entre el suelo compactado y la capa de hormigón, se conforma otra capa de grava de tamaño grande, de diámetro similar y limpia. Ésta sirve para impedir el paso de humedad del terreno al hormigón, por capilaridad (absorción). También se emplea macadam como sub-base en vías públicas.

I

Terapia.- O tratamiento hace referencia a la forma o los medios que se utilizan para llegar a la esencia de algo, bien porque esta no se conozca o porque se encuentra alterada por otros elementos.

V

Vida Útil del proyecto.- O periodo de iniciación, está definido como aquel periodo de tiempo necesario, que ha sido previsto por el diseñador de la estructura, para que un mecanismo de daño, o un agente agresor, de inicio al deterioro del concreto simple o reforzado.

Vida Útil de servicio.- Esta definida como el periodo de tiempo que se inicia desde la ejecución de la estructura hasta que se completa un cierto y determinado nivel de deterioro.

Vida Útil o total.- O límite de fractura, está definida como el periodo de tiempo que va desde que se inicia la ejecución de la estructura hasta que se presenta su colapso parcial o total.

Vida residual.- corresponde al periodo de tiempo (contando a partir de la fecha de la inspección), en que la estructura todavía es capaz de desempeñar sus funciones.

6.5 BIBLIOGRAFÍA

Fernández Canovas, Manuel (1994) ***Patología y Terapéutica del Hormigón Armado***, España.

Sánchez de Guzmán, Diego (2002) ***Durabilidad y Patología del Concreto***. (1ª ed.) Colombia: Asocreto.

Torres Acosta, Andrés (2001) ***Diseño de estructuras de concreto con criterios de Durabilidad***, México: Instituto Mexicano de Transporte.

Normas ASTM, (1974) ***Standard method of testing trusses assemblies: Load test of floors and flat roofs***, Estados Unidos de América: ASTM E 196-74.

Normas INEN, ***Norma Técnica Ecuatoriana***, Ecuador: INEN-1588,1589

EPMAPS (2009) ***Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado*** (1ª ed.) Ecuador: V&M Gráficas.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (2007) ***Estudio del Diagnóstico Integral de la Estructura, calle Nazareth y Cafetos, sector Rumiñahui***, Ecuador.

6.6 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO