UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

"Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil"

TRABAJO DE GRADUACIÓN

"ESTUDIO INVESTIGATIVO DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA".

Autor: (es) ARÉVALO ERAZO CARLOS GABRIEL

RAZO BERMEO RAÚL ALFREDO

Director: ING. NELSON PATIÑO.

Riobamba – Ecuador

2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **"Estudio investigativo de agua potable, saneamiento y alcantarillado pluvial para el área de expansión urbana sector la Inmaculada – El Troje de la ciudad de Riobamba"**, presentado por: Carlos Gabriel Arévalo Erazo, Raúl Alfredo Razo Bermeo y dirigida por: Ing. Nelson Patiño.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo "UNACH".

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes. _____
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL Firma

Ing. Nelson Patiño. _____
DIRECTOR DEL PROYECTO Firma

Ing. Alexis Martínez _____
MIEMBRO DEL TRIBUNAL Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Carlos Gabriel Arévalo Erazo, Raúl Alfredo Razo Bermeo y del Director del Proyecto Ing. Nelson Patiño; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo".

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo es el resultado del esfuerzo diario desplegado durante esta carrera, y la lucha férrea en contra de los factores adversos que se presentaban en cada paso que dábamos, en todo esto siempre estuvieron inmersas un sinnúmero de personas que nos apoyaron incondicionalmente a lo largo del camino, tanto en nuestra formación profesional y personal, por todo eso agradecemos a nuestros catedráticos, familiares y amigos, por ser en todo momento, pilares fundamentales en la consecución de este logro.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen de Agua Santa por brindarme salud, vida y sobretodo sabiduría y pensamiento, para culminar mis estudios, a mis padres quienes con su paciencia y perseverancia dejaron en mi sus mejores años de su vida por depositar en sus hijos su más anhelado sueño, a mi madre Carmen Bermeo por su amor, esperanza y entrega abnegada, a mi padre Alfredo Razo por su paciencia, cariño y compresión, a todos mis hermanos y Cuñados por su ejemplo de vida, perseverancia y por brindarme el apoyo constante.

Raúl Alfredo Razo Bermeo.

A mis padres, a mi hermano de sangre, y a mis hermanos de la vida.
A Max, allá en la partición del universo donde no existe el dolor.
A las causas perdidas: "cuestión de caballeros".
Al Ídolo: B.S.C.

Carlos Gabriel Arévalo Erazo

INDICE

PORTADA ……I
PAGINA DE REVISIÓN……II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN……III
AGRADECIMIENTO……...IV
DEDICATORIA……V
ÍNDICE GENERAL……VII
ÍNDICE DE TABLAS……XII
ÍNDICE DE FIGURAS……XV
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS……XXI
RESUMEN……XVII
SUMMARY……XVIII

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN……...……1

CAPÍTULO I.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA……..3

1.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL……...3
1.1.1 CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA…….……..3
1.1.2. CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL……...21
1.1.3 LAS ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO EN AMÉRICA LATINA…….36
1.1.4 SITUACIÓN DE SALUD EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE…….43
1.1.5 ACCESO A LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO……48

1.2 ANTECEDENTES……...50

1.3 INVESTIGACIÓN DE LÍNEA BASE……52
1.3.1. ASPECTOS GENERALES……52

CAPÍTULO II.

2 .METODOLOGÍA……..71
2.1 TIPO DE ESTUDIO……71
2.2 POBLACIÓN MUESTRA…….……..71
2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES…….……..72
2.4 PROCEDIMIENTOS……..…….73

2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS……..……...74

CAPÍTULO III.

3. RESULTADOS……..75
3.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA LA INMACULADA-EL TROJE…….75
3.1.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PERTENECIENTE A LA EP-EMAPAR DEL CANTÓN RIOBAMBA……..…75
3.1.2 COMPARACIÓN LOS RESULTADOS DE CADA PARÁMETRO EVALUADO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES…….…...85
3.2 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PERTENECIENTE A LA JUNTA DE AGUA POTABLE LA INMACULADA……88
3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL……88
3.2.2 COMPARACIÓN LOS RESULTADOS DE CADA PARÁMETRO EVALUADO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES……94
3.3 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA DE EXPANSION URBANA LA INMACULADA-EL TROJE…….97
3.3.1 DIAGNÓSTICO GENERAL…….……97
3.3.2. COMPARACIÓN LOS RESULTADOS DE CADA PARÁMETRO EVALUADO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES…….…….105
3.4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE DE RIOBAMBA…….108
3.4.1 VÍA RIOBAMBA-CHAMBO…….……...108
3.4.2 CALLE LONGITUDINAL 1…….……109
3.4.3. CALLE LONGITUDINAL 2…….……...111
3.4.4. CALLE LONGITUDINAL 3…….……...112
3.4.5. CALLE LONGITUDINAL 4…….……...113
3.4.6. CALLE LONGITUDINAL 5…….……...114

3.4.7. CALLE TRANSVERSAL 1…….…….115
3.4.8. CALLE TRANSVERSAL 2…….…….116
3.4.9. RESUMEN DE DAÑOS PROVOCADOS EN LA VÍA POR EFECTOS DE UN DEFICIENTE DRENAJE DE AGUAS DE ESCORRENTÍA……..….117
3.5. DIAGNÓSTICO DE SALUD Y SANEAMIENTO……..……...118
3.5.1 SITUACIÓN DE SALUD INFANTIL……..……..118

CAPÍTULO IV.

4. DISCUSIÓN……...……..121

4.1. SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE……...……121

4.1.1 PERÍODO DE VIDA ÚTIL DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN…….…….121
4.1.2 ARÉA DE INFLUENCIA URBANA…….…….121
4.1.3 CONCEPCIÓN Y CONSTRUCCIÓN ANTITÉCNICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE…….…….…..122
4.1.4 DEFICIENCIA DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE…….…….……..122
4.1.5 PÉRDIDAS POR FUGA EN LOS SITEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE……...……122
4.1.6 CALIDAD DEL AGUA POTABLE DISTRIBUIDA POR LAS REDES EXISTENTES…….....123
4.1.7 CONTAMINACIÓN DE LOS CAUCES NATURALES DE AGUA (RÍOS CHAMBO Y CHIBUNGA) POR DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES SIN PREVIO TRATAMIENTO……..…123

4.1.9. DEFICIENCIA DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO……...…….124

4.1.10. DETERIORO EN LAS VÍAS A CAUSA DE UN DEFICIENTE DRENAJE (ALCANTARILLADO PLUVIAL)……..124

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..125
5.1 CONCLUSIONES……...……..125
5.2 RECOMENDACIONES……...…….126

CAPÍTULO VI.

6. PROPUESTA…….……..127
6.1 TITULO DE LA PROPUESTA…….……127
6.2 INTRODUCCIÓN…….……...127
6.3 OBJETIVOS…….……128

6.3.1 OBJETIVO PRINCIPAL……...……..128
6.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS……...……128
6.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA……..……..130

6.4.1 AGUA...……..…….130
6.4.2. AGUA POTABLE…….…….139
6.4.3 ALCANTARILLADO…….……...141
6.4.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES…….……..148
6.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA…….……...155

6.5.1. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE……...……156

6.5.2. DISTRIBUCIÓN……171

6.5.2.1 EPANET V 2.0……...……..172

RED DE DISTRIBUCION DE A.P. LA INMACULADA-EL TROJE…….…….173

6.5.3. PROPUESTA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE…….178

6.5.4 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES…….189

6.5.5. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL (CUNETAS) PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA LA INMACULADA-EL TROJE…….……..254

6.5.5.11 RESULTADOS…….…….276

6.6 DISEÑO ORGANIZACIONAL……..…….283

6.8.BIBLIOGRAFÍA……..….285

7. APÉNDICES Y ANEXOS…...……..……..286

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Normas EPA para Agua Potable……..……8

Tabla 02: Principales enfermedades de origen hídrico y agentes responsables….38

Tabla 03: Coordenadas rectangulares de la zona de expansión urbana La Inmaculada – El Troje……54

Tabla 04: Población de alumnos y profesores en instituciones educativas del área de expansión urbana la Inmaculada – El Troje……..63

Tabla 05: Costo de m3 de agua potable……..67

Tabla 06: Consumo mensual promedio de agua potable por familia……67

Tabla 07: Cantidad de familias que poseen agua potable……..68

Tabla 08: Operacionalización de variables……72

Tabla 09: Datos del caudal aforado……82

Tabla 10: Parámetros evaluados con los límites máximos permisible……...85

Tabla 11: Parámetros evaluados con los límites máximos permisibles…….86

Tabla 12: Parámetros evaluados con los límites máximos permisibles…….87

Tabla 13: Datos del caudal aforado……91

Tabla 14: Parámetros evaluados con los límites máximos permisibles…….94

Tabla 15: Parámetros evaluados con los límites máximos permisibles…….95

Tabla 16: Parámetros evaluados con los límites máximos permisibles…….96

Tabla 17: Parámetros evaluados con los límites máximos permisibles……...105

Tabla 18: Parámetro evaluado con los límites máximos permisibles……..106

Tabla 19: Parámetro evaluado con los límites máximos permisibles……..107

Tabla 20: Resumen Daños en Vías……..117

Tabla 21: E.D.A casos tratados de enfermedades……....119

Tabla 22; E.D.A casos tratados de enfermedades……119

Tabla 23: Vida útil en años de los elementos de un sistema de agua potable…..159

Tabla 24: Evolución de la población de la provincia de Chimborazo…….161

Tabla 25: Población de la provincia de Chimborazo censo 2010……161

Tabla 26: crecimiento poblacional Riobamba 1990-2010……...163

Tabla 27: cuadro de oferta y demanda…….165

Tabla 28: dotaciones recomendadas…….167

Tabla 29. Período de diseño, normas SSA……..179

Tabla 30: Tasa de crecimiento poblacional……..180

Tabla 31: Cuadro de densidades poblacionales……..181

Tabla 32: Dotaciones recomendadas……...183

Tabla 33: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público……190

Tabla 34: Caudales característicos, cuerpo receptor Rio Chambo……199

Tabla 35: Evolución de la población de la provincia de Chimborazo…….201

Tabla 36: Operaciones y procesos unitarios utilizados en el tratamiento preliminar de aguas residuales……...212

Tabla 37: Constantes empíricas a temperatura de 20ºC……...214

Tabla 38: Para el diseño de sedimentador primario seguido por tratamiento secundario……215

Tabla 39: Usual para el diseño de sedimentadores rectangulares y circulares empleados para el tratamiento primario y secundario de aguas residuales……..216

Tabla 40: Tiempo de digestión de lodos……..235

Tabla 41: Resumen de Ventajas y Desventajas del Proceso Anaerobio……..245

Tabla 42: Parámetros de Diseño……..248

Tabla 43: Recomendaciones Constructivas…….249

Tabla 44: Datos para el diseño del filtro anaeróbico……250

Tabla 45: Información meteorológica Estación Riobamba – Aeropuerto……...258

Tabla 46: Precipitaciones Máximas 24 h Riobamba……259

Tabla 47: información Pluviográfica de la Estación Riobamba – Aeropuerto……271

Tabla 48: Intensidades (mm/h)…….273

Tabla 49: Coeficientes de Escorrentía C……..274

Tabla 50: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional……..…278

Tabla 51: Indicadores de gradientes longitudinales…….280

Tabla 52: Resumen de indicadores de gradientes longitudinales…….280

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Mortalidad en Niños Menores de 5 Años en Países de la Región de las Américas, Y Meta ODM Al 2015……..45

Figura 02: Acceso a Servicios de Agua y Saneamiento vs. Mortalidad Infantil…46

Figura 03: Cobertura de Servicios de Agua y Saneamiento Mejorado……..48

Figura 04: Tratamiento de Aguas Residuales en Diferentes Regiones del Mundo……50

Figura 05: Satelital de la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje…52

Figura 06: Ubicación Geográfica de la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje……...53

Figura 07: Precipitación mensual en la ciudad de Riobamba en el año 2011…..55

Figura 08: Promedio de la población del área la Inmaculada – El Troje……...58

Figura 09: Actividades económicas de los pobladores de la zona la Inmaculada – El Troje……...59

Figura 10: Egresos mensuales de los habitantes de la zona la Inmaculada – El Troje……...61

Figura 11: Porcentajes de servicio de agua potable en la zona La Inmaculada – El Troje……...66

Figura 12: Tanque reservorio…….76

Figura 13: Conducción de agua desde la red 3 hasta el tanque reservorio……77

Figura 14: Caja de válvulas……78

Figura 15: Válvulas en mal estado…….78

Figura 16: Cantera en explotación junto al tanque…….79

Figura 17: Conducción desde el tanque reservorio mediante mangueras de 2’’…80

Figura 18: Distribución mediante mangueras de polietileno 1/2’’…….81

Figura 19: Aforo sistema agua potable EP-EMAPAR (Riobamba)……..82

Figura 20: Toma de muestras sistema agua potable EP-EMAPAR (Riobamba)…….83

Figura 21: Ubicación de la vertiente Titaycún……...89

Figura 22: Conducción desde la captación mediante mangueras de polietileno 2’’……...……90

Figura 23: Distribución mediante mangueras de polietileno 1/2’’…….90

Figura 24: Aforo sistema junta de agua potable La Inmaculada (Chambo)……..91

Figura 25: Toma de muestras sistema Junta de Agua Potable La Inmaculada (Agua Titaycún-Chambo)……..92

Figura 26: Confluencia de los ríos Chambo y Chibunga. Cercanías de la descarga final del alcantarillado sanitario…….97

Figura 27: Descarga del emisario 1 (antiguo)……98

Fig. 28: Contaminación del río chambo generada por la descarga del alcantarillado de Riobamba……...99

Figura 29: Contaminación de los suelos adyacentes a la descarga del alcantarillado de Riobamba……...…99

Figura 30: Emisario 2 (nuevo)…….100

Figura 31: Pozo de revisión red secundaria 1……..101

Figura 32: Pozo de revisión red secundaria 2……..102

Figura 33: Toma de muestras agua residual. Emisario 2 (nuevo)……103

Figura 34: Vía Riobamba-Chambo……..108

Figura 35: Calle longitudin. 1.....……109

Figura 36: Calle longitudin. 1.....……110

Figura 37: Calle longitudinal 2...…….111

Figura 38: Calle longitudinal 3…..……..112

Figura 39: Calle longitudinal 3……112

Figura 40: Calle longitudinal 4……113

Figura 41: Calle longitudinal 5……114

Figura 42: Calle transversal 1……..……115

Figura 43. Calle transversal 1……...……115

Figura 44: Calle transversal 2……..……116

Figura 45: E.D.A casos tratados de enfermedades……...…120

Figura. 46: Tanque Imhoff……...154

Figura 47: Esquema de la red – cotas……...173

Figura. 48: Esquema de la red – diámetros de las tuberías……..173

Figura 49: Esquema de la red – caudales…….173

Figura 50: Esquema de la red – demanda base……173

Figura 51: Esquema de la red – presiones en los nudos……...173

Figura 52: Trazado de calles sector la Inmaculada-El Troje……178

Figura 53. Turbulencia en el rio Chambo……193

Figura 54: Turbulencia en el rio Chambo y sitio de descarga de aguas residuales……..194

Figura 55: Diagrama simplificado de la curva de depresión de oxigeno…….198

Figura 56: Detalle planta tanque sedimentación……..220

Figura 57: Detalle corte B – B, tanque sedimentación…….220

Figura 58: Detalle corte A – A, tanque sedimentación……221

Figura 59: Características de la cámara de sedimentación de un tanque Imhoff……...225

Figura 60: Detalle de entrada y salida del tanque Imhoff……225

Figura 61: Detalle de la cám. de digestión del tanque Imhoff…….227

Figura 62: Detalle de la cámara de digestión del tanque Imhoff…….228

Figura 63: Detalle planta sección transversal cámara de sedimentación…….230

Figura 64: Detalle planta sección transversal cámara de sedimentación……..231

Figura 65: Detalle corte A – A, cámara de digestión……..232

Figura 66: Lecho de lodos……...….237

Figura 67: Vista del lecho de secado……237

Figura 68: Detalle planta lecho de secado……240

Figura 69: Detalle corte lecho de secado……241

Figura 70: Detalle planta filtro anaeróbico……..253

Figura 71: Detalle corte B – B, filtro anaeróbico…….253

Figura 72: Fotografía satelital de la zona de expansión urbana la Inmaculada-el Troje…….255

Figura 73: Mapa de la localización del área de expansión urbana la Inmaculada-el Troje……...……..256

Figura 74: Precipitaciones anuales……...……260

Figura 75: Precipitaciones Máximas 24 h Riobamba…….…….260

Figura 76: Calle longitudinal 3……262

Figura 77: Calle longitudinal 3……...…….262

Figura 78: Calle transversal 1……..263

Figura 79: Calle transversal 1……...…263

Figura 80: Calle longitudinal 2……210

Figura 81: Calle transversal 1……..264

Figura 82: Calle longitudinal 4……265

Figura 83: Calle longitudinal 5……265

Figura 84: Calle longitudinal 1……266

Figura 85: Calle longitudinal 1……266

Figura 86: Calle transversal 5……..267

Figura 87: Calle transversal 2……..267

Figura 88: Curvas de intensidad duración frecuente intensidades (mm/h)……..272

Figura 89: Áreas a portantes……275

Figura 90: Detalle de cuneta tipo…….277

Figura 91: Indicadores de gradientes longitudinales……281

Figura 92: Diseño Organizacional para Aplicación de la Propuesta……283

Figura 93: Monitoreo y Evaluación de la Propuesta……284

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

Etapas de un proyecto.- Fases que deben cumplirse en la elaboración de un proyecto (prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo).

Diseño.- Conjunto de cálculos, láminas, detalles constructivos, memoria técnica descriptiva y especificaciones necesarias para la ejecución de una obra sanitaria.

Proyecto.- Conjunto de trabajos que incluye diseños, presupuestos, memoria técnica, lista de materiales y especificaciones técnicas, programación de trabajos para 1a ejecución de la obra.

Período de diseño.- Lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones.

Vida útil.- Lapso después del cual una obra o estructura puede ser reemplazada por inservible.

Población futura.- Número de habitantes que se espera se alcanzará al final del período o etapa de diseño.

Agua potable.- Es el agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o substancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales, y debe cumplir con los requisitos de estas normas.

Sistema de abastecimiento de Agua Potable.- Sistema para el abastecimiento de agua para consumo público.

Límite máximo tolerable.- Concentración o cantidad deseable de un componente presente en el agua, garantizando que ésta será agradable a los sentidos y no causará un riesgo a la salud del consumidor.

Límite máximo permisible.- Concentración o cantidad máxima de un componente presente en el agua, garantizando, que ésta será agradable a los sentidos y no causará un riesgo a la salud del consumidor.

Dotación.- Caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada habitante. Incluye los consumos doméstico, comercial, industrial y público.

Caudal de diseño.- Caudal necesario para atender la demanda al final del período de diseño.

Caudal de pico.- Caudal máximo en un intervalo de tiempo dado.

Caudal máximo instantáneo.- Caudal máximo de aguas residuales que se podría observar en cualquier año dentro del período de diseño. Normalmente se lo calcula para el final del período de diseño.

Consumo promedio diario.- Promedio aritmético de los consumos diarios registrado; en un año.

Caudales de aguas lluvias.- Volúmenes de agua por unidad de tiempo de escurrimiento superficial, producto de la precipitación.

Período de retorno.- Número promedio de años en el cual un evento dado será igualado o excedido.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).- Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente 5 días y 20 °C).

Demanda de oxígeno.- Término similar a demanda bioquímica de oxígeno.

Demanda química de oxígeno (DQO).- Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica (carbonácea) del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en una prueba que dura dos horas.

Depuración de aguas residuales.- Término usado para significar la purificación o remoción de substancias objetables de las aguas residuales, como por ejemplo DBO, DQO, bacterias, materiales tóxicos, etc. Se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos. El término tratamiento de aguas residuales es preferible para aplicación a líquidos y lodos.

Edad del lodo.-Parámetro de diseño y operación en el proceso de lodos activados que resulta de la relación de la masa de sólidos volátiles en el tanque de aeración entre la masa de sólidos volátiles removidos del sistema por día. La dimensión del parámetro es tiempo y se expresa en días.

Emisario.- Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta el punto de disposición final.

IVL.- Índice de volumen de lodos.

SSVTA.- Sólidos en suspensión volátiles, en el tanque de aeración.

Lechos de secado.- Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, sobre los cuales se descarga lodo digerido para secado. El proceso de secado ocurre principalmente por evaporación.

Lodo crudo.- Lodo retirado de tanques de sedimentación primaria o secundaria, que requiere tratamiento posterior (espesamiento y/o digestión).

Lodo digerido.- Efluente del proceso de digestión aeróbica o anaeróbica que normalmente entra a procesos de deshidratación o secado de lodos.

Coeficiente de retorno.- Relación entre el agua residual producida y el agua potable consumida.

Coeficiente de mayoración.- Relación entre el caudal máximo instantáneo y el caudal medio diario, en un mismo período.

Coeficiente de escurrimiento.- Relación entre los volúmenes totales de escurrimiento superficial y los de precipitación.

Sedimentación simple.- Proceso en el cual 1as partículas suspendidas se depositan en e1 fondo de un reactor por gravedad y sin la ayuda de productos químicos.

Desinfección.- Eliminación de microorganismos patógenos.

Red de distribución.- Conjunto de tuberías y accesorios que permiten entregar el agua potable a los usuarios de1 servicio.

Conexiones domiciliarias.- Tomas o derivaciones que conducen el agua servida a las redes de alcantarillado.

Conexiones clandestinas.- Conexiones a nivel domiciliario que permiten la entrada de la escorrentía pluvial, recogida en los techos o en los patios, directamente al alcantarillado sanitario.

Nivel Freático.- Posición de la capa superior del reservorio de aguas subterráneas.

Capacidad hidráulica.- Capacidad de transporte de un conducto de características definidas en determinadas condiciones.

Estudio de prefactibilidad.- Datos y estudios preliminares necesarios para el planteamiento y comparación de alternativas técnicamente viables para la provisión de agua potable y alcantarillado.

Cajas domiciliarias.- Estructura donde descarga la conexión intradomiciliaria.

Aguas residuales industriales.- Desechos líquidos provenientes de la industria. Dependiendo de la industria podrían contener, además de residuos tipo doméstico, desechos de los procesos industriales.

Aguas residuales domésticas.- Desechos líquidos provenientes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales.

Áreas tributarias.- Áreas que contribuyen al escurrimiento de aguas residuales y/o aguas pluviales.

Colectores instalados bajo la acera.- Se utilizan para receptar descargas domiciliarias. Se los denomina también ramales domiciliarios o red terciaria.

Estudio de factibilidad.- Análisis realizado para confirmar las de cisiones tomadas en un estudio de prefactibilidad y establecer que la alternativa seleccionada puede ejecutarse, tanto desde el punto de vista técnico como del financiero.

Proyecto definitivo.- Conjunto de trabajos que incluyen diseños, presupuestos, memoria técnica, lista de materiales y especificaciones técnicas, programación de trabajos para la ejecución de una obra y para permitir su operación y mantenimiento.

Prediseño.- Dimensionamiento preliminar de los componentes de un sistema.

Pozos de revisión.- Estructuras que permiten el acceso desde la calle al interior de un sistema de alcantarillado.

Sistema de alcantarillado.- Conjunto de tuberías y obras complementarias necesarias de recolección de aguas residuales y/o pluviales.

Sistema de alcantarillado sanitario.- Sistema de alcantarillado para la recolección de aguas residuales de cualquier origen.

Velocidades máximas.- Máxima velocidad permitida en las alcantarillas para evitar la erosión.

Velocidades mínimas.- Mínima velocidad permitida en las alcantarillas con el propósito de prevenir la sedimentación de material sólido.

Cunetas. Elemento de las calles a través de los cuales circula superficialmente el agua de lluvia, hasta ingresar al sistema de conductos a través de los sumideros.

Datos preliminares.- Información recogida con carácter provisional para la ejecución de estudios de prefactibilidad.

Interceptores.- Colectores que conducen las aguas negras de un sistema de alcantarillado combinado hacia la planta de tratamiento.

Alternativas.- Diversas posibilidades técnicas para realizar un proyecto de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.

Memoria técnica.- Documento técnico que resume todos los datos de campo e informaciones preliminares, resultados de trabajos realizados, recomendaciones y conclusiones del estudio.

Planta de tratamiento.- Conjunto de obras, facilidades y procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento anaeróbico.- Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

Tratamiento de lodos.- Procesos de estabilización, acondicionamiento y deshidratación de lodos.

Grado de tratamiento.- Grado de tratamiento al que deben someterse las aguas residuales domésticas e industriales, previo a su descarga en el cuerpo receptor.

Anaeróbico.- Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.

Contaminación.- La introducción en el agua de residuos de naturaleza orgánica e inorgánica que contengan microorganismos o tóxicos, en una concentración tal que puedan interferir con la vida acuática o con el uso directo del agua por el hombre, implicando un peligro para la salud.

Coeficiente de mortalidad.- Constante que expresa una tasa de reacción que normalmente se considera de primer orden, que se determina experimentalmente y describe la velocidad de decrecimiento de una población bacteriana.

Coeficiente de desoxigenación.- Una constante que expresa la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones aeróbicas y es función de la temperatura. Su determinación se efectúa incubando botellas de DBO durante varios períodos y determinando la velocidad de degradación por ajuste a una curva de primer orden. Este parámetro se usa para la transformación de valores de la DBO 5 días a DBO última.

Coeficiente de reacción.- Una constante que expresa la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica no diluida, bajo condiciones aeróbicas y es función de la temperatura.

Coeficiente de reaeración.- Una constante que expresa la tasa de transferencia de oxígeno del aire a la superficie de un cuerpo receptor.

Estudio de impacto ambiental.- Estudio sistemático que se hace para predecir las consecuencias ambientales de un proyecto propuesto. Su objetivo es el de asegurar que se identifiquen los potenciales riesgos ambientales y que se determinen y valoricen las medidas necesarias para evitar, mitigar o compensar los daños ambientales. En el caso específico del tema de disposición y tratamiento de aguas residuales, el estudio de impacto ambiental debe realizarse una vez terminado el estudio definitivo y no debe confundirse con el estudio del cuerpo receptor.

RESUMEN

La dotación de los servicios de agua potable y saneamiento, es por derecho, principal y esencial punto de atención por parte de las autoridades y entidades seccionales, hacia los habitantes de sus distritos.

El presente estudio investigativo analiza la carencia o deficiencia de servicios básicos de agua potable, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y tratamiento de aguas residuales en el área de expansión urbana sector La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba, como las principales causas de problemas como enfermedades de origen hídrico, daños en las vías de acceso y contaminación ambiental que afectan a la población de la mencionada zona, y en especial a los grupos vulnerables.

Cabe considerar que no se registran no existen estudios locales para áreas urbanas o áreas de influencia de mediana extensión, todos se enfocan en pequeñas urbanizaciones o en la totalidad de la urbe, por lo que se establece un antecedente para futuras investigaciones en estos campos.

A la vez, propone alternativas factibles para ser consideradas en la actualidad frente a los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba que planifican que la zona de estudio sea intervenida apenas a partir del año 2025, es decir en la segunda etapa del proyecto.

SUMMARY

The provision of drinking water and sanitation is by law, the main and essential point of attention from the authorities and sectional entities aimed to the people of their districts.

This research study examines the lack or inadequate basic services like: drinking water, sanitary sewerage system, rain sewerage system and sewage treatment in "La Inmaculada – El Troje" area of urban expansion in Riobamba. The main causes of water problems are the damages in the access roads and environmental pollution since they affect the population in the area, especially the vulnerable groups.

It is important to consider that there are no local studies for urban areas or areas of influence of medium length, all of them are focused on small neighborhoods or on the whole city, so, a precedent for future research in these fields is established.

At the same time, feasible alternatives to be considered are proposed against the Sewerage Drinking Water Master Plans in Riobamba, it is predicted that the study area will be operated by 2025, in the second stage of the project.

INTRODUCCIÓN.

La preservación del recurso humano, meta de todo plan de desarrollo, se fundamenta en gran medida en el saneamiento del medio; que comprende la conservación y adecuación del medio en beneficio de la comunidad, contribuyendo con esto a su propio bienestar.

El saneamiento básico comprende varias actividades, entre las más importantes y que además es base de desarrollo de los pueblos son los sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y el control de polución del medio ambiente (tratamiento de aguas servidas); por lo cual se ha contemplado la necesidad de realizar este estudio investigativo que contribuirán a preservar en forma directa la salud de los pobladores del Área de Expansión Urbana Sector La Inmaculada-El Troje, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, aportando con esto al saneamiento básico de la comunidad y traduciéndolo en un mejor nivel y calidad de vida en aproximadamente 125 familias que habitan esta zona. El área del proyecto es de 86.23 ha.

Sin una base de datos técnica y concreta sobre la problemática de este sector no se podrán ejecutar obras civiles por parte de las entidades competentes, con miras a la solución de la problemática estudiada. La incidencia de enfermedades de origen hídrico como cólera, hepatitis y diarrea está directamente asociada al acceso a servicios de agua y saneamiento básico, si no se concretan proyectos destinados a corregir estos inconvenientes a futuro.

De la misma forma, la contaminación de recursos como el agua y el suelo acarreará un problema ambiental difícil de mitigar, y posiblemente irremediable debido al grado de polución que en un futuro tendrá la zona si no se realizan los estudios y las posteriores obras que ayuden a disminuir o atenuar el impacto ambiental que genera la descarga de aguas servidas en los campos y en los cauces de quebradas y acequias, aumentando también los focos infecciosos perjudiciales para la población.

Las aguas lluvias seguirán siendo un problema si no se diseña un sistema para su disposición, aumentará el grado de deterioro de la carpeta asfáltica en la vía Riobamba-Chambo, produciéndose baches, fisuras, hundimientos y por ende disminuyendo la vida útil de la vía, cuya reconstrucción resultará un gran egreso para el Estado Ecuatoriano, además afectará a las vías secundarias del sector y el estancamiento de aguas lluvias durante la época invernal constituirá otro problema sanitario.

Con la realización de este proyecto se pretende buscar soluciones factibles específicas para este territorio, que aunque se encuentra considerado dentro de los Estudios de los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba, no será intervenido en su totalidad antes del año 2025, y además se presenta como una alternativa técnica para remediar problemas de agua potable, saneamiento, alcantarillado pluvial y tratamiento de aguas servidas para medianas extensiones urbanas.

CAPÍTULO I.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

1.1.1 CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA

1.1.1.1 El agua y sus impurezas.

El agua, quizá porque está omnipresente en la naturaleza, parece un simple material. Sin embargo, es muy compleja en el sentido químico. La molécula misma no es simétrica y su naturaleza sin balancear imparte un carácter polar que permite a las moléculas individuales unirse mediante enlaces de hidrogeno, formando arreglos que están en un constante estado de cambio.

El enlace de hidrógeno y el carácter polar del agua explica su acción como casi un solvente universal. Algunos componentes como azucares y alcoholes son disueltos mediantes enlaces de hidrogeno. Otros tales como sales, las cuales están ionizadas, son disueltos atreves de la neutralización de iones de carga positiva mediante grupos de moléculas de agua orientadas.

Agua absolutamente pura no se encuentra en la naturaleza; inclusive el vapor de agua que se condensa en el aire contiene sólidos, sales y gases disueltos. A medida que el agua condensada cae, recoge otros materiales del aire y se continúa aún más al llegar a la tierra, corriendo sobre la superficie y percollándose a través de los diferentes extractos del suelo. Algunos contaminantes pueden ser removidos mediante el paso a través del suelo como resultado de le filtración, de las reacciones del intercambio y de absorción; algunos pueden ser removidos en las aguas de superficie por la sedimentación y actividad biológica; otros por los procesos específicos de ingeniería en las plantas de tratamiento de agua. Al mismo tiempo, nuevas impurezas se introducen por la disolución e intercambio de

reacciones en el suelo, otras por acumulación de productos de descomposición y descarga de desperdicios en aguas de superficie, aun otros por procesos de tratamiento y reacciones con los materiales del sistema de distribución.

Los materiales encontrados en el agua pueden ser divididos en organismos vivos y orgánicos e inorgánicos sólidos o disueltos. No todos estos son dañinos y algunos pueden incluso pueden ser deseables por razones de salud, la estética, o por razones técnicas. El agua potable es aquella que es segura para beber, de agradable sabor y útil para propósitos domésticos. El agua contaminada o polucionada es aquella que contiene materiales suspendidos o disueltos que le hacen inapropiada para su uso proyectado. El agua potable puede ser considerada contaminada con respecto a algunos usos industriales.

1.1.1.2 Enfermedades transmitidas por el agua

Entre las enfermedades contagiosas que pueden ser transmitidas por el agua se encuentran infecciones bacteriales, virales y protozoales. Entre las enfermedades bacterianas están la tifoidea, la paratifoidea, la salmonelosis, la shigelosis, la disentería basilar, el cólera asiático, la enfermedad Legionaria y la fiebre Pontiac.
Las enfermedades virales asosiadas con el agua son la hepatitis, la poliomielitis y aquellos casos de gastroenteritis atribuibles al virus de Norwalk y el rotavirus. Los protozoos como la Giardia y Cryptosporidium pueden producir gastroenteritis y son los más recientes a los desinfectantes. Ciertos hongos, en especial el Aspergillus, son patógenos humanos mientras que la esquistosomiasis es causada por un gusano que puede ser transmitido a través del agua por un caracol portador. Otras enfermedades infecciosas no son en general transmitidas por el agua.

Los organismos que causan enfermedades infecciosas son normalmente esparcidos por las recargas de materiales fecales y urinarias de personas enfermas y portadoras, aunque hay algunos animales, protozoos y bacterias en reservorios en el suelo asociados con la gastroenteritis. La protección de los abastecimientos de agua contra estos agentes es, por tanto, de ordinario un problema de prevención

de descargas de agua residuales inadecuadamente tratadas en la fuente y de provisión de las técnicas de tratamiento.

No todos los brotes de las enfermedades antes citadas pueden atribuirse a los abastecimientos de agua públicos. Las moscas o los portadores humanos de enfermedades pueden contaminas la comida y las bebidas; las ostras y otros moluscos pueden estar contaminados por aguas residuales; la enfermedad Legionaria es más comúnmente propagada por sistemas de aire acondicionado contaminado; y las enfermedades virales son también esparcidas por medios del contacto personal, la comida y las bebidas.

Un gran número de microorganismos se encuentran en el agua, la mayoría sin importancia para la salud. Es difícil examinar las especies causantes de enfermedades, bien sean virales, bacterianas, fúngicas o protozoarias, puesto que la mayoría crecen con rapidez solo en sus huéspedes. Como se expresó antes, estos microorganismos son transmitidos principalmente por las heces y orina de personas infectadas. El agua que muestra evidencia de tal contaminación es así considerada inadecuada para el consumo. La posibilidad de tal contaminación es usualmente valorada determinando el número de bacterias coliforme. La Escherichia coli es excretada en enormes cantidades: hasta 4*10 organismo por persona al día. Los patógenos son encontrados en cantidades muy pequeñas y tienden a morir muy rápidamente que los coliforme bajo condiciones encontradas en las aguas naturales y en plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales. Así aunque la presencia de coliforme no es prueba de que el agua sea peligrosa, la ausencia de este grupo es tomada como evidencia de que está libre de patógenos.

Los conteos bacteriales se realizan filtrando un volumen medido de agua a través de un acetato de celulosa o filtro de vidrio con aberturas de menos de 0.5pm. Las bacterias retenidas sobre el filtro son luego incubadas en un medio nutriente especial, el cual produce sin dificultad colonias perceptibles de las especies que están siendo evaluadas. La temperatura de incubación y el medio usado permiten la enumeración de coliforme y estreptococos fecales.

1.1.1.3 Contaminantes inorgánicos

Entre los contaminantes inorgánicos están tanto los materiales suspendidos como los disueltos. Los materiales suspendidos son indeseables por razones estéticas, pero su efecto principal sobre la calidad radica en su habilidad de proteger de los desinfectantes a los microorganismos. El aluminio, el Arsenio, el barrio, el cadmio, el cromo, el fluoruro, el plomo, el mercurio, el nitrato, el selenio y la plata, son inorgánicos disueltos que tienen efectos sobre la salud. The Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental, EPA) ha establecido un nivel máximo de contaminante (NMC) para todos estos excepto el aluminio (ver tabla 8.1). Concentraciones elevadas de aluminio en el agua han sido recientemente asociados con desordenes neuropatológicos como la enfermedad de Alzheimer y demencia presenil, al igual que problemas fisiológicos en pacientes con diálisis. Los niveles máximos de contaminación también han sido establecidos para actividad social para actividad total alfa y total beta, y para los radionúclidos específicos radio -226mas radio-228, estroncio-90e hidrogeno-3.

El radón puede también ser encontrado en abastecimiento de agua y aunque se cree que no es peligroso ingerido en pequeñas concentraciones, su presencia en el agua puede llevar a contaminación del aire, donde puede contribuir al cáncer de pulmón.

Los materiales inorgánicos para los cuales los NMC han sido establecidos son en general tóxicos de una u otra manera.

El arsenio es un veneno bien conocido que puede ser fatal en altas dosis.

El bario, en forma soluble, es muy toxico, mientras el cadmio y el cromo pueden producir intoxicación aguda o crónica, dependiendo de la concentración.

El fluoruro, algunas veces agregado al agua como medio para hacer los dientes más resistentes a la caries puede, en grandes concentrados, causar decoloración definitiva y pérdida de los dientes y rompimiento de los huesos.

El plomo y el mercurio son usualmente asociados a efectos crónicos en el sistema nervioso.

El nitrato puede interferir con la transferencia de oxígeno en la sangre de los niños, ya que este puede ser reducido a nitrito de los sistemas digestivos inmaduros y, de esa manera, causar comportamiento anormal de la hemoglobina.

El selenio puede producir problemas gastrointestinales y dentales, mientras que la plata es toxica en grandes dosis.

Tabla 01: Normas EPA para Agua Potable.

Contaminante	
Principales estándares (nivel máximo de contaminante NMC)	
Total de coliformes (número prom./100ml.)	1
Total de coliformes (número máx./100ml.)	5
Turbiedad (utn)	1-5
Químicos inorgánicos (mg/L)	
Arsénico	0.05
Bario	1
Cadmio	0.01
Cromo	0.05
Fluoruro	0.7-2.4
Plomo	0.05
Mercurio	0.002
Nitrato (como N)	10
Selenio	0.01
Plata	0.05
Radionúclidos (pci/L)	
Total alfa	15
Ra-226+Ra-228	5
Total beta	50
H-3	20000
Sr-90	G
Químicos orgánicos (mg/L)	
Endrin	0.2
Lindano	40
Metoxiclor	100
Toxafeno	5
2,4-D	100
2,4,5-TP	10
Trihalometanos	100
Benzeno	0.05
Tetracloruro de carbono	0.05
1.2dicloroetileno	0.05
Tricloroetileno	0.05
Para-diclorobenzeno	0.75
1,1dicloroetileno	0.07
1,1,1 tricloroetano	2
Cloruro de vinilo	0.02

Tabla 01: Cont.

Estándares secundarios (nivel recomendado de contaminante, NRC)	
Cloruro	25mg/L
Color	15Unidades
Cobre	1mg/L
Hierro	0.3mg/L
Manganeso	0.05mg/L
Olor	3 TON
ph	6.5-8.5
Sulfato	250mg/L
Sólidos disueltos totales	500mg/L
Zinc	5mg/L

Fuente: E.P.A.

Los radionúclidos están muy distribuidos en la naturaleza y algunos pueden ser concentrados biológicamente. Los NMC fluctúan entre 20.000pCi/L para hidrogeno-3 (el cual pasa a través del cuerpo) y 5pCi/L Para radio (el cual se acumula en los huesos). El uranio-238, el isotopo más común del uranio, es soluble en el rango de miligramo por litro, pero, aunque está presente en todas las aguas subterráneas, rara vez son encontradas en tales concentraciones. Es más peligroso como toxina química para el hígado que como fuente radioactividad. El radio es relativamente inmóvil en la mayoría de los ambientes, pero excede el NMC en muchas aguas subterráneas. El estroncio-90y el cesio-137 se encuentra en altas concentraciones en el procesamiento de minerales y en residuos de reactores. La producción total de estas fuentes alcanzan la cantidad de millones de curiosos por mes, lo cual, cuando se compara al NMC de 8pCi/L para estroncio indica la magnitud del problema potencial de contaminación.

La turbiedad es una medida de la presencia de material solido suspendido. Aparte de la estética indeseable de la turbiedad, los sólidos suspendidos pueden proteger los microorganismos de la acción de los desinfectantes y son una indicación de un inadecuado tratamiento del agua. Los sólidos suspendidos son fácilmente removidos mediante coagulación, sedimentación y filtración; así, si se encuentran

altas concentraciones, es probable que esté funcionando mal en la planta del tratamiento y el agua puede ser de esta manera inadecuada.

3.1.1.3 Contaminantes orgánicos

En el agua se encuentran tanto materia orgánica natural como artificial. La primera puede estar asociada al color, sabor y olor, mientras que la última, en algunos casos, puede ser toxica o cancerígena. Los materiales orgánicos en el agua pueden ser alterados por procesos de tratamiento, los cuales a veces pueden hacerlos más peligrosos y más molestos de lo que eren antes del tratamiento.

Los hidrocarbonos clorados son usados como pesticidas y herbicidas. Estos materiales son relativamente persistentes tanto en la naturaleza como en el ser humano. Mucho san demostrado producir efectos cancerígenos en animales de laboratorios. La EPA ha establecido valores de NMC para los insecticidas endrin, lindano, metoxiclor y toxafeno y para los herbicidas 2,4-D y 2, 4,5-TP.

Los trihalometanos pueden entrar al agua desde los procesos industriales, pero de ordinario se forman durante la cloración del agua que contiene organicas de ocurrencia natural como el ácido húmico. Los trihalometanos son órganos de un solo carbono; tres de los enlaces de carbono son ocupados por halógenos como el cloro, bromo o yodo. El cloroformo es el trihalometano de ocurrencia más común, pero a menudo se encuentran también formas brominadas. Los trihalometanos son cancerígenos, de ahí que su presencia en abastecimientos de agua públicos es indeseable. El NMC establecido por la EPA es un promedio anual corriente, no un valor sencillo, de ahí que valores mayores ocasionados no necesariamente violan la norma.

Los químicos orgánicos volátiles (QOV) son químicos industriales ampliamente distribuidos tanto en aguas superficiales como en agus subterráneas. Muchas de estas sustancias son bien conocidas como cancerígenas o sospechosas de serlo.

Para 1989, la EPA había establecido el NMC para el benceno, el tetracloruro de carbono, el 1,2- dicloroetano, el 1,1- dicolroetileno, el paradiclorobenzeno, el 1, 1,1- tricloroetano, el tricoloroetileno y el coloruro de vinilo. Treinta y tres otros químicos orgánicos se programaron para ser regulados en 1991 lista que probablemente se expandirá a medida que se acceda a mayor información sobre salud y mejoramiento de técnicas analíticas.

1.1.1.4 Constituyentes comunes de las aguas naturales

Todas las aguas naturales contienen algún problema de mineral disuelto. En efecto, las personas están acostumbradas a estas impurezas que el agua destilada les sabe simple y desagradable. Los cationes comúnmente encontrados son el sodio, el potasio, el calcio, el magnesio, el hierro y el manganeso, los cuales están asociados a la especies anónimas bicarbonato, carbonato, sulfato y cloruro. La EPA ha establecido una norma secundaria denominada nivel recomendado de contaminante (NRC) para algunos de estos y otros contaminantes que no tienen impactos crónicos o tóxicos en la salud.

Los cationes divalentes contribuyen a la dureza, la cual es algunas veces definida como la habilidad para neutralizar el jabón. La dureza puede ser precipitada calentado el agua, de ahí que pueda producir depósitos dañinos calderas, calentadores de aguas y tuberías de agua caliente. La dureza no es dañina para la salud; en efecto, hay alguna evidencia de que el agua blanda puede ser un factor contribuyente en algunas dolencias, particularmente cardiovasculares.

El hierro y el magnesio contribuyen a la dureza, pero su efecto más importante resulta de sus oxidaciones y subsecuente precipitación. Este hecho causa sabores metálicos y agua decolorada que tiñe la ropa, los utensilios de cocina y los accesorios de plomería. Tanto el hierro como el magnesio pueden también servir como receptores de electrones para bacterias autotróficas como la crenothrix, la cual empeora el teñimiento y puede reducir la capacidad de las tuberías. El

precipitado formado fluctúa entre café rojizo y negro, dependiendo de la proporción de hierro y magnesio.

El sulfato, en asocio con el magnesio o sodio, puede tener un pronunciado efecto laxante en las personas que no estén acostumbradas a esta agua. El cloro en alta concentración puede contribuir a un sabor salado del agua y es algunas veces indicio de contaminación con aguas residuales, ya que las concentraciones de cloro aumentan cuando el agua es usada para propósitos domésticos. Sin embargo, no es peligroso en concentraciones moderadas.

El carbonato y el bicarbonato resultan de la disolución de rocas de carbonato y proveen un importante sistema de regulación en agua naturales. La alcalinidad consiste en aquellas especies químicas en el agua que pueden neutralizar el ácido.

Sus constituyentes principales son los iones de hidroxilo (OH-), carbonato (CO2), y bicarbonato (HCO3). Las cantidades relativas de cada uno son una función del pH. No hay ninguna concentración significante de iones de hidroxilo por debajo de pH 10 ni ninguna de carbonato por debajo de pH 8.5 en la mayoría de las aguas, la alcalinidad consta entonces del ion bicarbonato. Las otras especies pueden formarse en procesos de tratamiento de agua y de aguas residuales.

La cantidad de pH es una medida de la concentración de iones libres de hidrogeno en el agua. El agua, y otros químicos en solución, se ionizaran a un mayor o menor grado. La reacción de ionización del agua puede ser escrita como

$$\mathbf{HOM \rightleftharpoons H^+ + OH^-}$$

Esta reacción tiene un equilibrio definida por

$$\frac{\mathbf{(H)(OH)}}{\mathbf{(HOH)}} = \mathbf{K}$$

En donde (H) es la actividad química del hidrogeno, (OH) la actividad química del ion hidroxilo y (HOH) es la actividad química del agua. Comoquiera que el agua es el solvente, su actividad se define como la unidad.

En soluciones neutras [OH] = [H], de aquí que pH = Poh= 7. El aumentar la acidez lleva a mayores valores de {H], así, a bajos valores de pH. Un pH bajo es asociado a la acidez, y un pH alto, a la alcalinidad. Su valor es importante en la operación de procesos de tratamiento de agua y aguas residuales y en el control de la corrosión.

En el agua se encuentran disueltos todos aquellos gases a los que ella es expuesta. En general se encuentran nitrógeno, oxigeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno y metano. El sulfuro de hidrogeno es producido por la reducción de sulfatos, disoluciones de piritas o por la descomposición anaeróbica de materia orgánica. En baja concentración; tienen un desagradable olor a huevo podrido, en alta concentración es venenoso y contribuye a la corrosión de metales y concreto.

El dióxido de carbono se vuelve desde la atmosfera y de produce por la descomposición de materia orgánica y por la actividad geoquímica subterránea. Es fácilmente soluble en agua y combinado con agua forma ácido carbónico. El ácido carbónico se halla en equilibrio químico con la alcalinidad del bicarbonato y puede contribuir a la disolución de minerales su superficiales y a la corrosión de metales. El contenido de oxigeno es aumentado por la transferencia desde la atmosfera y disminuido por reacciones biológicas y químicas. A menudo, el oxígeno está ausente en aguas subterráneas y aguas superficiales en exceso contaminadas y en general es agregado mediante procesos de tratamiento de agua, bien sea deliberada o inadvertidamente. Contribuye además a la corrosión de metales bajo algunas condiciones.

1.1.1.5 Química del agua

En general se considera que las diferentes reacciones químicas que pueden tener lugar en aguas naturales y en el tratamiento de aguas y aguas residuales pueden ocurrir en soluciones diluidas. Este hecho permite el uso de ecuaciones simplificadas de equilibrio en las cuales las concentraciones molares se consideran como actividades químicas. La suposición de condiciones de dilución no es siempre justificable, pero el error introducido por la simplificación no es mayor que el que podría ser introducido por reacciones de competencia con especies que no son normalmente medidas en el tratamiento de agua. En este texto, las concentraciones molares serán consideradas como actividades químicas.

Las concentraciones de deferentes especies químicas en el agua pueden ser expresadas en moles por litro, en equivalentes por litro o en masa por unidad de volumen (comúnmente miligramos por litro) en términos en la especie misma o en términos de alguna otra especie. En los estados unidos, unidades de libra por millón de galones (lb/Mg) todavía se usan en ocasiones. El peso equivalente de una especie en su peso molecular dividido por la valencia neta o por el cambio neto en valencia en el caso de reacciones de oxidación – reducción.

El número de equivalentes por litro es la concentración dividida por el peso equivalente. El número de equivalentes por litros es denominado la normalidad. El número de moles por litro es denominado la molaridad.

La expresión de concentraciones de una especie en término de otro (normalmente CaCO3) es una convención de tratamientos de agua y aguas residuales, la cual implica la multiplicación de la normalidad por el peso equivalente de la otra especie.

De esta manera, es solo un medio para expresar normalidades en términos e concentración de una especie común.

Un ion individual en solución acuosa puede estar involucrado en un gran número de diferentes equilibrios químicos. Un ion de hidrogeno, por ejemplo, está involucrado en la ionización del agua, en el equilibrio de bicarbonato-carbonato y potencialmente, en muchos en otros sistemas. Sin embargo, en algunos momentos habrá solo un valor de concentración del ion de hidrogeno, lo cual debe satisfacer de manera simultánea todo el equilibrio en el cual está involucrado.

La solubilidad reducida de calcio en presencia de concentraciones crecientes de carbonato es un ejemplo de lo que se denomina el efecto de ion común. El mismo fenómeno es importante en la remoción del magnesio, hierro, magnesio y fosfato.

Las reacciones de oxidación-reducción son importantes en corrosión, desinfección y remoción de hierro y manganeso. En tales reacciones hay un flujo de electrones de un átomo a otro, generando un cambio de valencia para ambos. El peso equivalente de especies químicas involucradas en tales reacciones, como se mencionó antes, es el peso molecular dividido por el cambio de valencia neto.

1.1.1.6 Estándares de la EPA

Bajo el safe wáter Drinking Act de 1974 y la subsecuente legislación la EPA ha sido encargada de establecer estándares para agua potable para todos los “sistemas de agua públicos”. Un sistema “publico” es aquel que sirve a más de 25 individuos o aquel que tiene más 15 conexiones; de ahí que todos los abastecimientos de agua, excepto los posos privados, estén incluidos. Los estándares presentes mostrados en la tabla 8.1 incluyen los NMC para aquellos químicos orgánicos e inorgánicos que se sabe tienen efectos cancerígenos o tóxicos; para turbiedad por razones antes analizadas; y para población bacteriana.

En adición, los NRC han sido establecidos para ciertos contaminantes que son fundamentalmente de importancia estética.

Los estándares para calidad de agua de la EPA han sufrido continuas modificaciones puesto que reemplazaron las primeras normas del servicio de salud pública, las cuales se aplicaban solo a aguas usadas en comercio interestatal.

Es de esperarse que, con nuevas técnicas analíticas y más información concernientes a efectos de los contaminantes del agua sobre la salud, mas normas continúan cambiando. Los abastecedores de agua que están sujetos a las regulaciones de la EPA deben monitorear el agua en sus sistemas y notificar al público si se falla en alcanzar los NMC de las regulaciones. Por su puesto, los estados o comunidades individuales son libres de establecer normas más restrictivas que aquellas de la EPA, y la vigilancia del cumplimiento es dejada a los estados a menos que ellos desaprueban la aceptación de la responsabilidad.

1.1.1.7 Responsabilidad por agua poco segura

Las entidades locales, las compañías privadas o los individuos que venden agua al público no garantizan la pureza o la utilidad de esta para ciertos propósitos. A los productores se les pide examinar el agua en sus sistemas y notificar al público si estos exámenes muestran deficiencias en el cumplimiento de las actuales normas de la EPA. La responsabilidad por la salud y otros problemas de los usuarios dependen en general de la demostración de negligencia por parte del abastecedor.
En el caso de problemas surgidos después de la notificación al público de las fallas para alcanzar las normas, la negligencia por contribución podría ser atribuida al usuario.

La negligencia es un asunto legal pero podría incluir aquellas acciones tales como fallas al proveer un adecuado abastecimiento de químicos requeridos, en corregir rápidamente deficiencias conocidas en los sistemas de tratamiento o distribución, en notificar al público como requiere la ley en el caso de problemas para alcanzar las normas de la EPA. En el pasado, en los casos en que se demostró negligencia, los proveedores de agua fueron encontrados responsables por daños resultantes de muertes o enfermedades atribuibles al abastecimiento de agua.

1.1.1.8 Características de las epidemias transmisibles por el agua

La difusión de los brotes de enfermedades es a menudo atribuidas a los sistemas de agua aunque, como menciono antes, otros medios contribuyentes a la difusión de enfermedades infecciosas. Para estimar la probabilidad de que el sistema de agua este fallando es aconsejable considerar las características de la epidemia causada por el agua.

Es probable que tales brotes sean altamente distribuidos. Excepciones a esta regla general puede ocurrir si el agua de ciertas fuentes es usada en el sistema y solo una fuente está contaminada o si la contaminación resulta de una conexión cruzada. En estas situaciones, los casos de enfermedades pueden ser agrupados alrededor de la ubicación de la conexión cruzada o del punto donde la fuente contaminada entra al sistema.

Personas de todas las clases y edades son afectadas por epidemias transmitidas por el agua.

En el pasado, los brotes de enfermedades transmitidas por el agua estaban, en general, asociados con el uso de agua sin tratar, deficiencias en el sistema de tratamiento o en el sistema de distribución, particularmente en conexiones cruzadas. En el periodo entre 1981 y 1985 se presentaron 176 brotes de enfermedades transmitidas por el agua en los estados unidos, lo cual produjo 32,807 casos de enfermedades.

1.1.1.9 Protección de cuencas y embalses

El área de los embalses y sus cuencas deben ser protegidas en el grado necesario para asegurarse de que el abastecimiento de agua no sea contaminado de una manera que la haga inadecuada para su uso. La EPA exige ahora que todos los abastecimientos públicos extraídos de las fuentes superficiales sean filtrados, a menos que se cumplan criterios muy estrictos con respecto a la calidad y la

protección. Sin el embalse intenta proveer agua sin otro tratamiento que el de desinfección el uso recreacional no se permitirá y el uso de la cuenca para cualquier propósito debe ser severamente restringido. Cuando se provee una planta de tratamiento completa, no hay razón clara de salud para prohibir usos recreacionales limitados como pesca, cazar, acampar y bañarse.

En ausencia de regulaciones estatales, las siguientes reglas podrían ser aplicadas:

1. El uso recreacional debe ser permitido solo cuando hay una necesidad real del mismo, la cual no puede ser suplida por otros cuerpos de agua.
2. El uso debe ser controlado por vigilantes con autoridad policiaca cuyos costos son deducidos de las tarifas de los usuarios recreacionales del lago pagan.
3. Las comidas al aire libre y los campeonatos deben ser restringidos a áreas que poseen instalaciones para basura y baños.
4. La natación y otros deportes de contacto con el agua deben ser restringidos a áreas ubicadas por lo menos a 2 km (1.2mi) de distancia de la captación.
5. Actividades de recreación sin contacto con el agua, tales como la pesca, los botes y la caza deben ser restringidos a áreas ubicadas por lo menos a 200 m (600 pies) de distancia de la captación.
6. Cualquier desarrollo residencial dentro del área de drenaje deben ser provisto con un adecuado tratamiento de aguas residuales para asegurarse de que haya protección para la fuente.

La política de la American Water Works Association prohíbe el uso recreacional de los embalses para aguas que han sido tratadas y que están listas para la distribución o que son suficientemente de buena calidad para ser distribuidas después de la sola desinfección. El agua requiere tratamiento adicional a la desinfección, se puede permitir el uso recreacional, sujeto al control de la empresa de acueducto responsable de la calidad del agua terminada.

1.1.1.10 Protección de aguas subterráneas y pozos

Los abastecimientos de aguas subterráneas y los pozos individuales pueden ser contaminados por agua superficial durante inundaciones o por percolación de materiales de desperdicios a través del suelo. Los pozos son protegidos contra la contaminación producida por las inundaciones mediante cuidadosas técnicas de construcción que requieren que el pozo este revestido hasta la primera capa impermeable, que el revestimiento se extienda sobre la superficie del suelo y que el área que lo rodea este protegido por un muro de concreto. Es prácticamente imposible protegerla contra la contaminación que entra a los acuíferos en puntos remotos del pozo. Alcantarillas con fugas, tanques sépticos, letrinas, y pozos abandonados son puntos potenciales de polución, como lo son los terrenos con relleno y los viejos botaderos. Los nuevos pozos nunca deben ser ubicados en áreas donde existen tales fuentes.

1.1.1.11 Protección dentro de los sistemas de tratamiento y distribución

Un cuidadoso diseño del sistema de tratamiento asegura que no haya posibilidades reales y potenciales de mezclar agua potable con no potable. El diseñador debe evitar errores como los canales derivación en las unidades de tratamiento individual, los cuales pueden permitir al caudal desviarse de la planta y entrar al sistema de distribución; errores como la construcción de paredes comunes entre tanques que contienen aguas tratadas y sin tratar lo que puede permitir la contaminación a través de pequeñas grieta, de tanques poco elevados que pueden ser contaminados por aguas de inundaciones; y ciertos diseños de filtros que permitan la mezcla de agua de retro lavado y agua producto.

El diseñador debe asegurarse de que la planta tenga un almacén adecuado de químicos para prever interrupciones en el abastecimiento resultantes del clima, huelgas o desastres naturales. Se debe proveer un adecuado sistema generador de energía de emergencia para apoyar tanto las instalaciones de tratamiento como la planta de bombeo. El operador, a su torno, debe asegurar que los amplios

suministros de químicos requeridos sean mantenidos y que los sistemas de emergencia sean examinados regularmente.

Todas las tuberías que transportan agua potable dentro de la planta de tratamiento deben ser de hierro e instalarse sobre la superficie. Las reservas de agua tratada deben ser cubiertas y las entradas de aire, protegidas, para evitar insectos.

La protección dentro del sistema de distribución no deben depender del mantenimiento de una concentración de desinfectante residual en el abastecimiento de agua, lo cual, sin embargo, se requiere como una medida final de seguridad. El sistema mismo está más propenso a ser contaminado por conexiones cruzadas y otros defectos de plomería en instalaciones industriales, comerciales y residenciales. Las conexiones cruzadas para establecimientos auxiliares son en extremo numerosas en grandes ciudades y pueden ser detectadas solo mediante cuidadosa inspección de los locales de usuarios industriales y comerciales. Las conexiones entre tales abastecimientos auxiliares y abastecimientos públicos son mejor protegidos por tapón o quiebre de aire. Los tapones de aire deben ser cuidadosamente diseñados ingenieros competentes, ya que un vacío en la línea de abastecimiento puede llevar el agua de vuelta, inclusive a través de un tapón de aire si la abertura es muy pequeña. Como método practico la abertura debe ser, por lo menos de igual diámetro que la línea de abastecimiento.

Una variedad de viejos aparatos de plomería-sanitarios, lavadoras de materiales de vidrio, lavadoras de bacinillas y esterilizadores de instrumentos quirúrgicos-pueden tener sus entradas bajo el nivel de agua en los aparatos y así ser particularmente peligrosos. Pueden existir conexiones reales pueden existir entre líneas de aguas residuales y aguas en el complicado sistema de plomerías de grandes edificios, o líneas de aguas residuales pueden estar sobre los tanques de agua y tener la oportunidad de tener fugas hacia ellos.

Dentro del mismo sistema de distribución, la contaminación puede resultar de la ubicación de alcantarillas y tuberías de agua a una distancia muy cercana. Las fugas en el sistema de distribución pueden permitir que aguas residuales entren desde el suelo cuando no hay presión o durante periodos de alta demanda cuando las presiones están bajas. Cuando quiera que haya cortes en el sistema de distribución, las tuberías afectadas deben ser completamente desinfectadas antes de ser puestas en servicio.

1.1.2. CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL

1.1.2.1 Variabilidad y análisis del agua residual

El carácter del agua residual no es constante en términos el lugar ni de tiempo. Además, las técnicas comúnmente usadas en su muestreo y análisis están sujetas a copiosos errores, la combinación de la variabilidad inherente y el error experimental producen considerable incertidumbre con respecto a las características reales en cualquier situación dada, siendo necesario programas extensivos de pruebas para determinar la naturaleza real del agua residual. Los valores “típicos” que se presentan aquí y en otros textos son promedios nacionales que nunca deberían ser supuestos para representar el agua residual de una comunidad particular.

A medida que el agua residual pasa a través del sistema de recolección, el material orgánico solido tiende a ser solubilizado por la acción microbial y es posible que algunos sólidos sean removidos por sedimentación, o al menos sean transportados por tracción a lo largo del fondo de la alcantarilla, mientras las grasas i aceites tienden a moverse hacia la superficie y, tal vez, son depositados a lo largo de las paredes de las tuberías. Los materiales depositados en el fondo o a lo largo de los lados de las tuberías pueden ser removidos por futuros caudales más altos que producen velocidades más grandes.

El muestreo de un caudal que probablemente será estratificado requiere que las alícuotas sean tomadas a través de la profundidad en proporción al perfil de velocidad y al área si se va obtener una muestra representativa. Al analizar un caudal variable en tiempo es necesario que se tome un número grande de muestras para definir el rango de concentraciones que se esperan. Los estudios de caracterización de aguas residuales son rara vez lo suficientemente detallados para establecer la variabilidad con mecha certeza, por tanto, los ingenieros deben ser muy cautelosos en el diseño de sistemas proyectados para tratar residuos domésticos.

Las diferentes pruebas usadas en la caracterización de agua y agua residual están descritas con respecto a su precisión y exactitud. La precisión hace referencia a la reproductividad de una técnica analítica cuando es repetida sobre una muestra homogénea bajo condiciones controladas, sin considerar si el valor medido corresponde al valor real. La precisión es estimada por la desviación normal de los resultados de una prueba. La exactitud hace referencia a la correspondencia entre el valor medio y el porcentaje del valor real. Un método puede ser preciso (es decir, reproducible) pero inexacto, cuando todas las medidas se agrupan muy de cerca alrededor del valor incorrecto, mientras que otro puede ser seguro pero impreciso, cuando todas las mediciones se dispersa ampliamente alrededor del valor correcto. La exactitud y la precisión de los diversos métodos de pruebas se presentas a continuación; sin embargo, es necesario reconocer que estos valores solo remiten a decisiones del laboratorio. Además, la variedad inherente del agua residual y la dificultad de obtener muestras verdaderamente representativas añade más incertidumbre.

1.1.2.2 Características físicas

El agua residual es más del 99.9% agua, pero el material remanente tiene efectos muy importantes sobre la naturaleza y la mezcla. El agua residual domestica fresca tiene un olor escasamente jabonoso o aceitoso, es turbia y contiene sólidos reconocibles, a menudo del tamaño considerable. A medida que envejece, su

carácter cambia como resultado de fenómenos biológicos y químicos. El agua residual descompuesta tiene un olor pronunciado de sulfuro de hidrógeno, es gris obscura y contiene sólidos más pequeños aunque en ocasiones reconocibles.

El cambio de agua fresca a descompuesta requiere entre 2 y 6 horas a una temperatura de 20º centígrados, dicho tiempo depende en primera medida de la concentración de materia orgánica, la cual varia con el uso de agua por habitante, la infiltración y la cantidad de residuo industrial que entra al sistema de recolección. La cantidad de residuos domésticos producidos por persona es relativamente invariable sobre una base de sólidos secos, pero la cantidad de agua de transporte no lo es.

1.1.2.3 Determinación de sólidos

Los sólidos en el agua residual pueden estar suspendidos o disueltos. Como se anotó antes, la acción biológica tendera a disolver a algunos de los materiales orgánicos suspendidos a medida que pasan a través de la alcantarilla. Los sólidos totales incluyen tanto especies suspendidas como disueltas y se determinan mediante la evaporación, entre 103 y 105º centígrados, de una muestra de peso o volumen conocido cuyo residuo es pesado. Los resultados son expresados en miligramos por litro o en porcentajes (1% equivale a un gramo de sólidos por 100 gramos de agua residual). Si se supone que el peso específico de la mezcla es 1 (lo que es casi siempre justificable), esto es equivalente a 10 gramos por litro o 10000 mg/L. en pruebas en un laboratorio único, la desviación normal de las diferencias entre análisis para sólidos totales sobre muestras duplicadas fue 6 mg/L.

Las determinaciones de sólidos suspendidos y sólidos disueltos requieren filtración de la muestra, lo cual se hace a través de un filtro membrana similar a aquellos usados en análisis bacteriológicos del agua (capitulo 9). Si se van a determinar los sólidos suspendidos el filtro es seco y pesado previamente; luego, se hace pasar a través de un volumen medido de muestras, es secado y una vez más pesado. El incremento en peso dividido por el volumen de la muestra produce

la concentración de sólidos suspendidos. Un volumen medido del filtrado puede ser evaporado hasta la sequedad y el residuo pesado para determinar la masa de sólidos disueltos. Esta, dividido por el volumen de la muestra, dará la concentración de sólidos disueltos. Si cualquiera de las dos concentraciones es medida, la tercera pueda ser calculada como la suma o la diferencia de las otras.

En estudios realizados por dos analistas que usaron cuatro fuegos de 10 determinaciones, se encontró que la desviación normal de esta prueba estaba en el rango de 5.2 mg/L a a15 mg/L hasta 13 mg/L a 1707 mg/L.

Los sólidos volátiles se calcinan a 550ºC. se considera la concentración de sólidos volátiles totales es una medida aproximada de contenidos orgánicos, mientras que los sólidos volátiles suspendidos, en algunos casos, se consideran una medida de concentración de los sólidos biológicos tales como bacterias y protozoarios. Los sólidos volátiles pueden ser medidos para la muestra total (sólidos volátiles totales), para la fracción suspendida (sólidos volátiles suspendidos) o la filtrada (sólidos volátiles disueltos).n la determinación se hace por calcinación del residuo del total de sólidos ensayados en un horno tapado. Para determinar sólidos suspendidos volátiles, el filtro se hace de vidrio (el cual experimentara solamente una insignificante pérdida de peso, la cual es corregida) a de acetato de celulosa (el cual no dejará ceniza) la fracción volátil es determinada a partir de la diferencia entre el peso del residuo del después de secado o del resultante después de la calcinación. El residuo después de la calcinación se denomina sólidos no volátiles o ceniza y es una medida aproximada del contenido mineral del agua residual.

La desviación normal de esta determinación fue 11 mg/L a 170 mg/L de sólidos volátiles totales en estudios llevados a cabo en tres laboratorios sobre cuatro muestras y diez replicas.

Las muestras usadas para determinaciones de sólidos en aguas residuales son en general pequeñas (10 a 100mL) y, como se anotó antes, es probable que no sea en verdad representativa del caudal total.

1.1.2.4 Características químicas

El agua residual contiene tanto químicos inorgánicos como orgánicos. Los constituyentes inorgánicos están presente en el agua transportado y se incrementan a causa del uso del agua. De ordinario, el tratamiento del agua residual no tiene el objetivo de alterar la concentración de contaminantes inorgánicos, aunque las concentraciones de fosforo y nitrógeno son algunas veces importantes en proceso de tratamiento de biológico. El tratamiento terciario, que puede ser requerido en algunos casos para mantener la calidad del agua, remueve contaminantes inorgánicos mediantes técnicas similares aquellas utilizadas en el tratamiento del agua.

El nitrógeno puede estar presente en el agua residual tanto en forma inorgánica como orgánica, tanto en estado reducido como en oxidado. En aguas residuales no tratadas está presente principalmente como amonio o como un constituyente de proteínas (nitrógeno orgánico).

Su concentración es determinada por un proceso de digestión- destilación seguido por análisis colorimétricos, volumétricos o electroforético. La desviación estándar relativa para determinaciones de amonio varía de menos de 10 a casi 70%.
Las determinaciones de nitrógeno orgánico tienen desviaciones estándares relativas que fluctúan entre 40 a más de 100%.

El fosforo está presente principalmente en agua residual en formas de fosfato las sales de ácido fosfórico. Puede estar como compuesto en materia orgánica, de ahí que un paso preliminar de digestión debe ser precedido por un análisis que utilice una variedad de técnicas colorimétricas. El método preferido tuvo una desviación estándar relativa de alrededor de 2 a 4% en 8 laboratorios.

La alcalinidad del agua residual es importante, ya que suministra un amortiguador contra ácidos producidos por acción bacterial en sistemas anaeróbicos o de

nitrificación. Comoquiera que las aguas residuales se deterioran, su p H tiende a disminuir a causa de la producción de ácidos orgánicos por metabolismo bacterial. Cuando el agua residual es tratada o experimenta estabilidad natural, estos ácidos son oxidados a dióxido de carbono o agua y el p H aumenta. Los ácidos orgánicos generados por actividades biológicas son ácidos fuertes, similares en características al ácido carbónico, y pueden producir un evidente incremento en la alcalinidad. No se puede lograr ninguna conclusión general acerca de la exactitud de las determinaciones de alcalinidad en aguas residuales a causa de variabilidad potencial de sus constituyentes. En muestras que contienen solamente carbonatos y bicarbonatos, se puede esperar una desviación estándar de menos de 10%.

Los constituyentes orgánicos del agua residual pueden ser divididos en carbonatos, proteínas y grasas, pero rara vez se hacen análisis independientes de estos constituyentes. Más bien, la cantidad total de material orgánico se mide al determinar de la cantidad de algún agente oxidante que se requiere para convertirlo a CO2. H2O y otros productos finales oxidados. Las técnicas actuales en uso, que se examinan en detalles a continuación, incluyen la demanda bioquímica de oxigeno (DBO), la demanda química de oxigeno (DQO),y el carbono orgánico total (COT). Estos métodos no miden las mismas cosas, por tanto, no son comparables directamente.

1.1.2.5 Demanda bioquímica de oxigeno

Las bacterias puestas en contacto con material orgánico lo utilizaran como fuente de alimento. En esta utilización, el material orgánico eventualmente será oxidado a productos finales estables tales como CO2 y agua. La cantidad de oxigeno usado en este proceso es denominada demanda bioquímica de oxígeno y es considerada como una medida del contenido orgánico del residuo. También representa, en algún grado, la cantidad de oxigeno que se requeriría para estabilizar el residuo en un ambiente natural como una corriente o un lago.

La determinación de DBO ha sido estandarizado y mide la cantidad de oxigeno utilizado por los microorganismos en estabilización del agua residual durante 5 días a 20ºc. Para aguas residuales domesticas ordinarias, el valor de 5 días, o DBO5, representa aproximadamente dos tercios de la demanda que sería ejercida si todo el material oxidable biológicamente fuera, en realidad, oxidado.

Al realizar la prueba en agua residuales domésticas, es posible suponer que un inoculo bacterial conveniente estará presente. Si se van a analizar residuos industriales relativamente limpios, puede ser necesario añadir un inoculó. De ordinario, un inoculo conveniente puede ser obtenido de un cultivo bacterial tomado de las aguas residuales domesticas para ser llevado al agua residual a ser examinado.

La solubilidad del oxígeno en el agua bastante limitada (apéndice 1), por consiguiente, casi todas las mediaciones de DBO requieren que las muestras sean diluidas. El agua del dilución es cuidadosamente elaborada y contiene una mezcla de las que suministran todas las trazas de nutrientes necesarios para la actividad biológica más un amortiguador de fosfato para mantener un pH neutral. El agua aireada para saturarla con oxígeno antes me mezclarla con la muestra de agua residual.

La DBO utilizada en cualquier tiempo *t* es, por supuesto, la diferencia en que la inicialmente presente y la remanente, de donde

$$\mathbf{DBO.= } L \mathbf{ - } y \mathbf{ = L (1 – } e \mathbf{ – } k\mathbf{, 1)}$$

Aunque una relación de la forma de la ecuación 18.3 no puede ser linealizada, Thomas 3 noto la similitud entre los primeros términos de las expansiones en series de 1 – e k 1t y k 1 t [1 + k1t/6]-3 y desarrollo la formula aproximada.

No todos los datos experimentales se ajustaran a la curva teórica también como los del ejemplo. La mejor información es generalmente aquella que queda entre 2 y 10 días.

La terminación de la DBO5 es efectuada al incubar la muestra diluida a 20ºC durante 5 días. El oxígeno disuelto en la muestra diluida es medido al comienzo y al final del periodo de prueba, y la DBO equivale al cambio en el oxígeno disuelto multiplicado por el factor de dilución de la muestra. Dado que el valor de saturación del oxígeno en el agua es menor de 10mg/L a 20ºCy la DBO de agua residuales domesticas "típicas" es cerca de 200mg/L, el factor de dilución puede variar de 10:1 a 100:1. Una botella para DBO normal de 250mL contendrá así solo 2.5 a 25m L del residuo, el cual se considera entonces que presenta un flujo heterogéneo y variable. La posibilidad de error de muestreo es obvia, y la prueba en sí misma, dado que depende de un sistema vivo, es también bastante imprecisa. De cualquier modo es importante, ya que es la mejor medida disponible de lo que puede ocurrir en los sistemas vivos en plantas de tratamiento de aguas residuales y aguas naturales. El ingeniero debe recordar de cualquier manera que la prueba de DBO es bastante inexacta, y que los sistemas de tratamiento deben ser diseñados de manera que puedan acomodarse a variaciones sustanciales en concentraciones del residuo a aquellas que puedan ser medidas en estudios de periodos cortos. En una serie de estudios de interlaboratorios sobre muestras estándares preparadas de DBO conocida, la medición promedio fue cerca de 12%.

1.1.2.6 Demanda química de oxigeno

Si bien la prueba de DBO es la mejor representación disponible de lo que ocurrirá en un agua natural, requiere un mínimo de 5 días, no siendo así útil en el control de procesos en plantas de tratamiento de aguas residuales que tienen tiempos de retención del orden de horas. La prueba de la DBO involucra una oxidación acida del agua residual por dicromato de potasio. A un volumen medido de residuo se añade un volumen medido de dicromato estandarizado, la muestra se acidifica con ácido sulfúrico concentrado y se hierve la mezcla (mientras está conectada a

un condensador de reflujo) durante 2 horas. La muestra se enfría entonces y se mide el dicromato remanente por titulación con sulfato amoniacal. En general, no existe correlación clara entre la DBO y la DQO, pero en plantas específicas puede ser posible establecer una relación entre los dos valores. Los valores de DQO son por lo común mayores que los de DBO, ya que el agente oxidante fuerte oxidaran, materiales que solo lentamente son biodegradables (si es que lo son). En niveles de DQO de cerca de 200 mg/L, las mediciones en diferentes laboratorios produjeron desviaciones estándares de 10 a 20 mg/L, dependiendo de la técnica usada.

1.1.2.7 Carbono orgánico total

La prueba de carbono orgánico total involucra la edificación de la muestra para convertir todo el carbono inorgánico a CO2, el cual no es entonces desalojado, la muestra se inyecta después dentro de un horno, donde se oxida en presencia de un catalizador. El CO2 que se ha producido se mide por análisis infrarrojo y se convierte instrumentalmente el contenido de carbono orgánico original. La prueba es rápida, exacta y se correlaciona moderadamente bien con la DBO. Los mayores obstáculos a su uso más extenso son los costos del equipo y la técnica necesaria en su operación. La precisión de la prueba está limitada en especial por la dificultad de obtener muestra de residuos que contengan materia particulada. En muestras claras o muestras filtradas, la precisión fluctúa entre 1 y 2% mg/L, cualquiera sea mayor.

1.1.2.8 Microbiología y tratamiento de aguas residuales

Por su naturaleza, las aguas residuales domésticas obtienen enormes cantidades de microorganismos. Dependiendo de su edad y de la cantidad de agua de dilución, es de esperarse que los conteos bacteriales en aguas residuales crudas varíen de 500,00 a 5000,000 por ml. Virus, protozoarios, gusanos y otras formas también son encontrados, pero su presencia es rara vez suficientemente importante para requerir medición.

Las bacterias son plantas unicelulares que metabolizan aliento soluble y se reproducen por fisión binaria. Son capaces de solubilizar partículas de alimento fuera de su pared celular por medio de enzimas extracelulares y, por tanto, puede remover del agua residual materia orgánica soluble, coloidal y sólida.

En presencia de alimento adecuado y ambiente conveniente (temperatura, Ph, etc.) las bacterias se reproducirán como se muestra en la figura 18.3 la cual presenta el número de organismos en comparación con el tiempo. El final del crecimiento logarítmico y el comienzo del crecimiento declinante indica el punto en que el abastecimiento en nuevos crecimientos. En realidad, los ingenieros rara vez cuentan bacterias, pero infieren su número de la concentración de sólidos suspendidos volátiles. La figura 18.4 presenta una gráfica de masa bacterial en vez de mostrar el número de bacterias en comparación con el tiempo. Se puede apreciar que esta curva exhibe tres solamente en vez de siete fases y que el comienzo del crecimiento es inmediato.

Aunque la fase de crecimiento logarítmico coincide con la tasa máxima de remoción de sustrato (residuo), esta no es la zona óptica de operación para sistemas de tratamiento de residuo.

Para mantener el crecimiento logarítmico, el alimento debe estar en un abastecimiento amplio, pero se necesita una concentración baja en el residuo tratado. Además la tasa máxima de utilización requiere de otros factores de crecimiento, tales como el oxígeno, sean abastecidos a una tasa máxima, lo cual puede ser difícil de hacer. Finalmente, las bacterias en las fases de crecimiento logarítmico de desarrollo cuentan con una gran distribución de energía disponible, de acumulaciones limitadas de producto residuales y, por consiguiente, es probable que sean móviles, dispersas y difíciles de mover por sedimentación.

La fase de crecimiento declinante se una en general para sistemas de tratamiento biológico, ya que es posible evitar problemas antes mencionados.

Las bacterias anaeróbicas oxidan la materia orgánica utilizando receptores de electrones diferentes del oxígeno. En la realización de sus procesos metabólicos, producen CO2, H2O, H2S, CH4, NH3, N2, orgánicos residuos y más bacterias.

Gran parte de la energía disponible aparece en la forma de productos finales, por tanto, la producción de células es baja y los subproductos. Tales como el metano, o pueden ser utilizados con una fuente de energía.

Es probable que los productos finales de la fermentación anaeróbica sean olorosas e intermedios, tales como los ácidos orgánicos volátiles, y tóxicos para las bacterias formadoras del metano, promoviendo hace desorden en el proceso. La producción en un efluente estable improbable, ya que los residuos no contienen usualmente suficientes receptores de electrones para permitir oxidación completa.

Sin embargo, los procesos anaeróbicos son útiles en la reducción de la intensidad de residuos concentrados previo a otros tratamientos y pueden ofrecer economía sustancial en algunos casos.

Las bacterias anaeróbicas utilizan el oxígeno libre como un receptor de electrones. Los productos finales de la actividad anaeróbica son CO2, H2O, SO4-2, NO3, NH3, y más bacterias. La mayoría de la energía disponible es convertida en masa celular o calor, produciendo un efluente estable que no sufrirá más descomposición. La división de energía es mostrada de manera esquemática en la figura 18.6. El oxígeno requerido puede ser suministrado naturalmente de la atmosfera y por medios mecánicos mediante aireación por burbuja, aireación de película o aireación por gotitas. La oxidación de amoniaco a nitratos puede que ocurra o no, dependiendo del tiempo de retención de la masa celular biológica, del oxígeno disponible, de la temperatura y otros factores analizados.

La mayoría de las bacterias encontradas en aguas residuales y tratamientos de aguas residuales no son aerobios o anaerobios estrictos u obligados si no que más

bien pueden funcionar tanto en ambientes aeróbicos como anaeróbicos. Tales microorganismos son llamados facultativos y son los mayores contribuyentes a la estabilización del agua residual. Ciertas reacciones específicas, tales como la reducción de CO2 a CH4 y la oxidación de NH3 a NO, son efectuadas solamente por una población limitada de anaerobios o de aerobios obligados. Cuando tales reacciones son importantes, el ingeniero debe asegurar que las condiciones propias sean mantenidas; la introducción del oxígeno dentro de un proceso anaeróbico, por ejemplo, puede matar todas las bacterias formadoras de metano.

Otros microorganismos de importancia ocasional en tratamientos de aguas residuales son las algas, los protozoarios, los hongos y los rotíferos.

Las algas son microorganismos fotosintéticos que pueden producir oxígeno y masas celulares orgánicas de químicos inorgánicos. No son importantes en la mayoría de los procesos de tratamiento de residuos, pero juegan papel significativo en los estanques de oxidación en los cuales existen una reacción simbólica entre ellas y las bacterias saprófitas que oxidan el material orgánico en el residuo.

Los protozoarios son animales unicelulares que se reproducen por ficción binaria. Hay muchas especies diferentes, conforma tamaño, movilidad y sus tratos diferentes. Los protozoarios pueden ser anaeróbicos, aeróbicos o facultativos. Muchas especies pueden utilizar alimento soluble; no obstante, la concentración debe ser mucho más alta que la encontrada en aguas residuales domesticas; por tanto, la mayor fuente de alimento del protozoario es la batería. Al reducir el número de bacteria, los protozoarios alteran la relación alimento/masa, estimulando de esta manar más crecimiento bacterias y más estabilización del crecimiento.

Los hongos son plantas multicelulares no fotosintéticas. En su mayoría; los hongos son aeróbicos, aunque se conocen especies anaeróbicas. Debido a su debida composición celular, los hongos tienden a predominar sobre las bacterias

en residuos que son deferentes en nitrógeno o baja en Ph. Su forma filamentosa relativamente larga, hace que los hongos tiendan a sedimentar pobremente, siendo así difíciles de remover por sedimentación. Su presencia es entonces indeseable en procesos de tratamientos de residuos. Los rotíferos son los animales multicelulares más simples; se alimentan de bacterias y pequeños protozoarios, promoviendo así la estabilización del residuo. Dado que requiere un relativamente alto contenido de oxigeno de suelo, su presencia es un buen indicio de la estabilidad relativa de un residuo tratado.

1.1.2.9 Muestreo

La dificultad de la obtención de una muestra representativa de un material heterogéneo y variable tal como el agua residual ha sido mencionada anteriormente. En esencias existen tres métodos fundamentales: muestreo puntual, muestreo compuesto y muestreo continuo.

Un muestreo puntual es simplemente una porción del flujo emotivo de una manera tal que aumentara la probabilidad de que des representativo del flujo en el instante en que es tomado. Es posible tomar muestras puntuales de la descarga de una bomba, sacar manualmente del flujo, sacarlas o sifonearlas automáticamente de la corriente. Para establecer la variedad del residuo con respecto del tiempo se requieren muestras puntales.

Una muestra compuesta es una mescla de muestras puntuales tomados sobre un periodo de tiempo; en este caso, el volumen de las muestras individuales son casi siempre proporcionales al caudal en el tiempo en que la muestra es tomada. Las muestras compuestas pueden ser obtenidas manual o automáticamente sobre la base de tiempo o cuando se alcancen un caudal total especificado. Las muestras compuestas son más útiles para analizar características promedio. Tales como las cargas diarias de residuos.

Una muestra continua presenta la desviación de una fracción pequeña del caudal total sobre algún periodo de tiempo. En general, los muestreadores continuos no son proporcionales al caudal sí o no que más bien extraen la nuestra a una tasa constante. Además son más convenientes para mediciones instrumentales que pueden ser ejecutadas casi que instantáneamente, tales como la temperatura, el oxígeno disuelto, el Ph, etc.

Las muestras representativas deben muestrear la sección transversal entera del flujo, ya que, como se ha planteado, el agua residual contiene múltiples fases que tienen hacer segregadas a alguna extensión. Un mostrador de cucharas que corta transversalmente la corriente entera es el mejor método de obtención de tal muestra.

Dado que no es posible instalar tal muestreador en algunos lugares, una alternativa de diseño es el bombeo de una porción del flujo a una cámara en que el muestreador pueda ser instalado.

El uso de muestradores detuvo se debe evitar, ya que tales diseños no suministran muestras representativas a menos que la velocidad dentro del tubo sea idéntica a la de la corriente. Si las velocidades son diferentes (por lo general más grande en el muestreador), es de esperarse diferencias substanciales en las concentraciones de sólidos. Por su naturaleza, un tubo muestreador puede muestrear solo un punto en el flujo; por tanto, aun si la condición isocinetica se lograra, la muestra no sería representativa de un flujo segregado.

Las muestras deben ser convenientemente preservadas hasta puedan ser analizadas. Para la mayoría de los propósitos, las muestras de aguas residuales domesticas pueden ser preservadas a satisfacción por almacenamiento a 4ºC. El congelamiento altera el carácter de los sólidos, debiendo entonces evitar.

Debido a la variedad inherente del agua residual, a las dificultades en la obtención de muestras representativas y a las dificultades en el análisis de las muestras (aun

suponiendo que ellas son representativas), es conveniente un periodo extenso de estudio antes de que se emprenda el diseño de nuevas instalaciones de tratamientos de aguas residuales. Si se necesita un programa de muestreo especial se debe cubrir al menos dos semanas y extenderse tanto como sea necesario para asegurar que incluye datos de al menos 3 días lluviosos y 3 días secos. La definición de un día lluvioso para este propósito es arbitrario, aunque se ha definido como cualquier periodo de 24 horas durante el cual caigan por lo menos 25mm (1 pulgada) de lluvia.

1.1.2.10 Características típicas

A pesar de la variedad de las características y las inexactitudes del muestreo y las pruebas en alguna medida son valiosas las concentraciones corrientes de contaminantes encontrados en aguas residuales domésticas.

Por lo normal, las concentraciones de DBO medidas en aguas residuales domesticas se ajustan más a una distribución logarítmica normal que a una distribución aritmética normal, lo cual significa que el valor medio será superior a la medida y que hay mayor probabilidad de valores extremos altos que de valores extremos bajos.

La contribución por habitante tanto de sólidos suspendidos como de materia orgánica (DBO) al agua residual doméstica es relativamente invariable sobre una base diaria. En los estados unidos, las contribuciones de DBO y salidos suspendidos, por habitante, son aproximadamente de 80 y 90g/días, respectivamente las variaciones observadas en concentraciones son en gran medida resultados de variaciones de flujo y de otros factores antes analizados.

Para el diseño de algunos procesos de tratamiento de aguas residuales en comunidades que no tienen residuos industriales importantes, es mejor considerar cargas de masa (que serán relativamente constantes) en vez de centrarse en concentraciones (que son inherentemente variables)

1.1.3 LAS ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO EN AMÉRICA LATINA.

En América Latina y el Caribe, los riesgos epidemiológicos relacionados con el consumo de agua contaminada por gérmenes muy virulentos, como son los del cólera, las fiebres tifoideas o la hepatitis vírica; así como la existencia de otras enfermedades de origen hídrico resultantes de la contaminación microbiológica de las aguas de consumo humano causan un gran impacto en la población. Por ejemplo, en 1991 surgió una epidemia de cólera que se extendió a 21 países, ocasionando 1’207,000 casos hasta 1997.

1.1.3.1 Efectos en la Salud.

Una gran cantidad de gérmenes pueden ser la causa de epidemias de origen hídrico: históricamente, las Salmonellas y las Shigellas fueron las que se identificaron primero.

Hoy en día, otros microorganismos como los Rotavirus, los Campylobacter o parásitos tales como Giardia se identifican también como responsables de las mismas.

La mayoría de los trastornos ocasionados por estos gérmenes son de una gravedad moderada presentándose a menudo en forma de gastroenteritis asociada con diarreas, dolores abdominales o vómitos. Dichos trastornos son por lo general de corta duración.

Pueden afectar a algunas personas o a comunidades enteras, dependiendo de la calidad o del tipo de germen presente en el agua. Junto a estas epidemias "benignas", aparecen ocasionalmente enfermedades de origen hídrico mucho más graves. El tipo de microorganismo, su modo de transmisión así como el perfil de las personas contaminadas determinan la gravedad de la infección: los niños de corta edad, las personas mayores, los inmunodeficientes o los enfermos

representan los grupos de población más susceptibles a este riesgo. Los brotes de epidemias en las comunidades con un gran número de población susceptible (guarderías, escuelas, hospitales, etc.) cumplen a menudo el rol de centinela y de alerta para las autoridades.

La infección puede ocurrir como resultado de beber agua contaminada, o a través de sus diversos usos cotidianos: preparación de comidas, aseo o incluso inhalación.

1.1.3.2 Una Enfermedad Olvidada: El Cólera

Las enfermedades hídricas aún están presentes. Se creía que la mejora de los sistemas de saneamiento y de suministro de agua potable, así como los avances en la higiene alimentaria habría eliminado el cólera, como así sucedió en Europa y América del Norte a finales del siglo XIX.

En 1991 hizo su aparición una nueva epidemia en Perú. Hasta diciembre de 1997, se han contabilizado 1’207.313 casos en América, con un balance de 11.959 muertes. El cólera sigue siendo un grave problema en gran cantidad de países de África y de Asia. En este último continente, se registraron 50.000 casos en 1991, con un balance de 1.286 muertes y en África 153.000 casos, con un cómputo de 13.998 muertes.

Estas cifras oficiales son, con toda probabilidad, inferiores al cómputo real. En todos los casos, el agua fue la responsable.

Tabla 02: Principales Enfermedades de Origen Hídrico y Agentes Responsables.

PRINCIPALES ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO Y AGENTES RESPONSABLES	
ENFERMEDADES	**AGENTES**
Origen bacteriológico	
Fiebres, tifoideas y paratifoideas	Salmonella typhi
	Salmonella paratyphi A y B
Disentería bacilar	Shigella sp.
Cólera	Vibrio cholerae
Gastroentestinal agudas y diarreas	Escherichin coli enterotoxinógeno
	Campylobacter
	Yersinia enterocolitica
	Salmonella sp.
	Shigella
Origen vírico	
Hepatitis A y E	Virus hepatitis A y E
Poliomelitis	Virus de la polio
Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus de Norwak
	Rotavirus
	Enterovirus
	Adenovirus,
Origen parasitario	
Disentería amebiana	Entamoeba histolytica
Gastroenteristis	Guardia lamblia
	Cryptosporidium

Fuente: O.M.S.

La contaminación microbiológica del agua ocurre por lo general a través de heces de origen humano o animal. La presencia, en las cercanías de una captación, de aguas residuales o excretas de personas enfermas o que son portadores sanos de patógenos, puede ser la causa de la contaminación del agua.

1.1.3.3 Los Microorganismos Hídricos

a. Características

Los microorganismos patógenos poseen diversas propiedades que les distinguen de los contaminantes químicos:

- No están en solución, sino que se presentan en forma de partículas. Pueden estar en suspensión libre o aglomerados en las materias suspendidas en el agua.

- El riesgo de contraer una infección no depende únicamente de la concentración media de microorganismos en el agua. La probabilidad de que un germen patógeno consiga implantarse en el organismo y provoque una infección depende de su grado de invasión, de su dosis mínima infectante así como del nivel inmunológico del individuo.

- Si se produce infección, los gérmenes patógenos se multiplican en el organismo huésped. Algunas bacterias patógenas pueden incluso multiplicarse en los alimentos y las bebidas, lo que perpetúa y aumenta los riesgos de infección. Ese no es el caso de los contaminantes químicos.
- Contrariamente a los efectos provocados por numerosas sustancias químicas, la relación dosis/efecto de los microorganismos patógenos no es acumulativa. Una única exposición a un microorganismo patógeno puede bastar para provocar una enfermedad. Debido a estas propiedades, no se puede establecer un límite inferior tolerable para los microorganismos patógenos.

El agua destinada al consumo humano, a la preparación de los alimentos o a la higiene personal no debe contener ningún microorganismo patógeno para el hombre

1.1.3.4 Vigilancia de las Aguas de Consumo Humano

Resulta teórica, técnica y financieramente imposible investigar en el agua de consumo humano todos los microorganismos patógenos susceptibles de provocar infecciones de origen hídrico. En efecto, no se concibe el estudio de todos los agentes patógenos debido a:

- La dificultad de que todos los laboratorios responsables por el monitoreo de la calidad de las aguas de consumo humano identifiquen sistemáticamente estos microorganismos.

- La imposibilidad de aislar algunos de ellos con las técnicas analíticas actuales.

- La presencia, por lo general irregular, de microorganismos patógenos en el agua de consumo humano. Debido a esto, para garantizar que el agua es totalmente segura, la detección debería hacerse en forma continua, pero en la actualidad no existen técnicas disponibles para efectuar esto.

- El largo tiempo requerido para obtener los resultados de los análisis, aún en el caso que existieran técnicas confiables, no permitiría un control eficaz de la calidad del agua, y por tanto una protección satisfactoria del consumidor.

Los higienistas han tenido que recurrir, por consiguiente, a métodos indirectos para evaluar la contaminación de las aguas, tales como: indicadores de contaminación fecal ó bacterias "testigo".

La gran mayoría de los microorganismos patógenos transmitidos por el agua son de origen fecal. Consecuentemente, su monitoreo se basará en demostrar la presencia de los microorganismos más representativos indicadores de esa contaminación.

En adición, los indicadores deben tener algunas características particulares: ser poco o nada patógenos, fáciles y rápidos de detectar a un costo moderado. Además, deberán presentar una resistencia a los tratamientos físico-químicos

(sedimentación, filtración, desinfección), similar a la de los microorganismos patógenos. Esta característica en particular, permitirá evaluar la eficacia de los diversos tratamientos del agua para remover estos microorganismos. Hoy en día, las bacterias coliformes termotolerantes, a menudo llamadas erróneamente coliformes fecales o Escherichia coli, constituyen el indicador de referencia comúnmente aceptado por todos.

Otros grupos de microorganismos, como los coliformes totales y los clostridium sulfito reductores, se utilizan igualmente como indicadores de la eficacia del tratamiento. Si se detectan coliformes fecales puede afirmarse que el agua ha sido contaminada y por tanto representa un riesgo potencial. A iniciativa de las autoridades sanitarias se podrán realizar estudios adicionales que requieran la aplicación de técnicas analíticas especiales.

Si no se encuentran microorganismos indicadores, puede asumirse que el agua cumple con las normas. Sin embargo, sigue existiendo un ligero riesgo de que el agua pueda estar contaminada por microorganismos de origen fecal o de otro origen, en particular por virus y protozoos. En opinión de expertos de la O.M.S., este riesgo es muy remoto.

Un agua que no contiene microorganismos indicadores se considerará como un agua microbiológicamente apta para beber

La lucha contra las enfermedades infecciosas de origen hídrico ha constituido a lo largo de los últimos decenios (y aún hoy constituye en gran número de países) un objetivo primordial de salud pública que requiere diversas soluciones técnicas.

Entre éstas, la desinfección del agua sigue siendo el método más eficaz y extendido.

1.1.3.5 Aspectos técnicos.

Se puede obtener agua potable tanto de forma directa, cuando se usa una fuente de agua subterránea de alta calidad y bien protegida, o también utilizando un agua no potable, la cual se somete a una serie de tratamientos adecuados capaces de reducir la concentración de contaminantes a un nivel que no signifique riesgo para la salud.

Cada etapa del tratamiento supone un obstáculo a la transmisión de las infecciones. Los tratamientos previos a la desinfección final deberían ser por sí mismos capaces de producir un agua de buena calidad microbiológica, constituyendo así esta última desinfección tan sólo una última barrera de seguridad.

La desinfección como tratamiento único solamente se podrá utilizar para aguas subterráneas claras y bien filtradas por el suelo.

1.1.4 SITUACIÓN DE SALUD EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Alcanzar la Meta 10 en Agua y Saneamiento es vital para alcanzar las otras relacionadas a salud y desarrollo.

El acceso al suministro de agua y saneamiento contribuye con los esfuerzos desarrollados para la lucha contra la pobreza y el hambre, salvaguardar la salud de las personas, reducir la mortalidad infantil, promover la igualdad de géneros y administrar y proteger los recursos naturales. Además, contar con agua suficiente para el aseo e instalaciones de saneamiento privadas son factores básicos para el auto-respeto y dignidad personal de todo ser humano.

Para la protección de la salud, el acceso al suministro de agua e instalaciones de saneamiento son indispensables; más aún teniendo en cuenta que en el mundo, la mitad de las camas de hospital están ocupadas por personas que sufren de enfermedades relacionadas al agua. En América Latina, un gran número de personas son afectadas por aquellas enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, dengue, fiebre amarilla, ascariasis, entre otras; y que están directamente relacionadas con la carencia de servicios de saneamiento básico. En el 2004 fueron reportados más de 200,000 casos de dengue y más de 800,000 casos de malaria. (Situación de Salud en las Américas, OPS – 2005)

Por otro lado, la incidencia de enfermedades de origen hídrico como cólera, hepatitis y diarrea está directamente asociada al acceso a servicios de agua y saneamiento básico. Mientras que el análisis estadístico en América Latina y el Caribe ha demostrado una reducción en el número de casos de cólera y mortalidad debido a enfermedades diarreicas agudas, es esencial advertir que estas enfermedades siguen siendo un problema que amenaza la vida de las personas (Situación de Salud en las Américas, OPS – 2005).

Adicionalmente, las enfermedades de origen hídrico y aquellas transmitidas por vectores no sólo afectan la salud pública, sino que llevan asociada una pérdida en

los ingresos y educación debido a las pérdidas de productividad de las personas enfermas y al ausentismo en las escuelas.

Uno de los más grandes retos a los que se enfrentan los países de América Latina y el Caribe es alcanzar las metas en salud. Abordar el cumplimiento de las metas en Agua y Saneamiento ayudará a lograr las metas relacionadas con la salud, en especial aquellos cuyos objetivos son la mortalidad infantil y otras enfermedades graves; lo cual requerirá el aumento en la población con acceso a agua limpia y servicios de saneamiento adecuados, cambios en el comportamiento y actitud respecto al agua y el saneamiento, así como también la higiene, un elemento crítico con frecuencia descuidado de las discusiones en general dominadas por el acceso y suministro de servicios, debiendo ampliar el enfoque hacia la calidad y sostenibilidad de dichos servicios. Indudablemente, contar con servicios de agua y saneamiento es un requisito importante para mejorar de las condiciones de salud de la población en general; sin embargo, para los niños y las mujeres esto reviste especial importancia, así como para aquellos grupos en los cuales las desigualdades en salud, además de prestación de servicios, es una realidad latente.

1.1.4.1 Los Niños.

En países industrializados, la tasa de mortalidad infantil es de 6 por cada mil nacidos vivos4. Según la OMS, más del 90% de las muertes ocurridas por enfermedades diarreicas en los países en desarrollo se da en niños menores de 5 años, en contraste con el 9% que se registra en los países desarrollados.

En América Latina y el Caribe, la tasa de mortalidad en niños menores de 5 años es de 7 a 101 muertes por cada 1000 nacidos vivos, con un promedio entre 38 por cada 1000 nacidos vivos (Situación de Salud en las Américas: Indicadores Básicos – 2002). Las enfermedades diarreicas cobran más del 8% de las muertes (32,000 niños) siendo la diarrea la causa principal.

Si la tendencia actual continua, la reducción de mortalidad infantil y de niños menores de un año en la Región alcanzarían el 54%, un escenario que está muy por debajo de los 2/3 establecidos en los objetivos. En el 2003, la mortalidad infantil variaba entre 5.3 por 1000 nacidos vivos en Canadá hasta 80.3 por 1000 nacidos vivos en Haití.

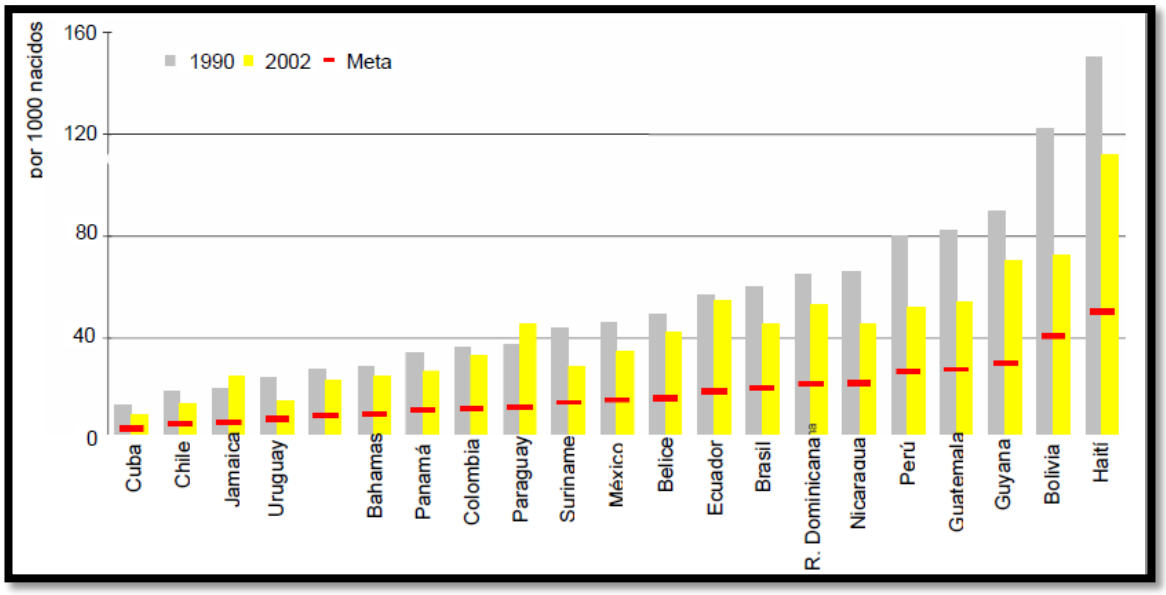


Figura 01: Mortalidad en Niños Menores de 5 Años en Países de la Región de las Américas, Y Meta ODM Al 2015.

Fuente: O.M.S.

En los países donde las coberturas de agua y saneamiento son mayores, las tasas de mortalidad en niños menores de cinco años son menores. Sin lugar a duda, el mejoramiento de los servicios de saneamiento ambiental contribuirá en la reducción de los 2/3 de la tasa de mortalidad infantil.

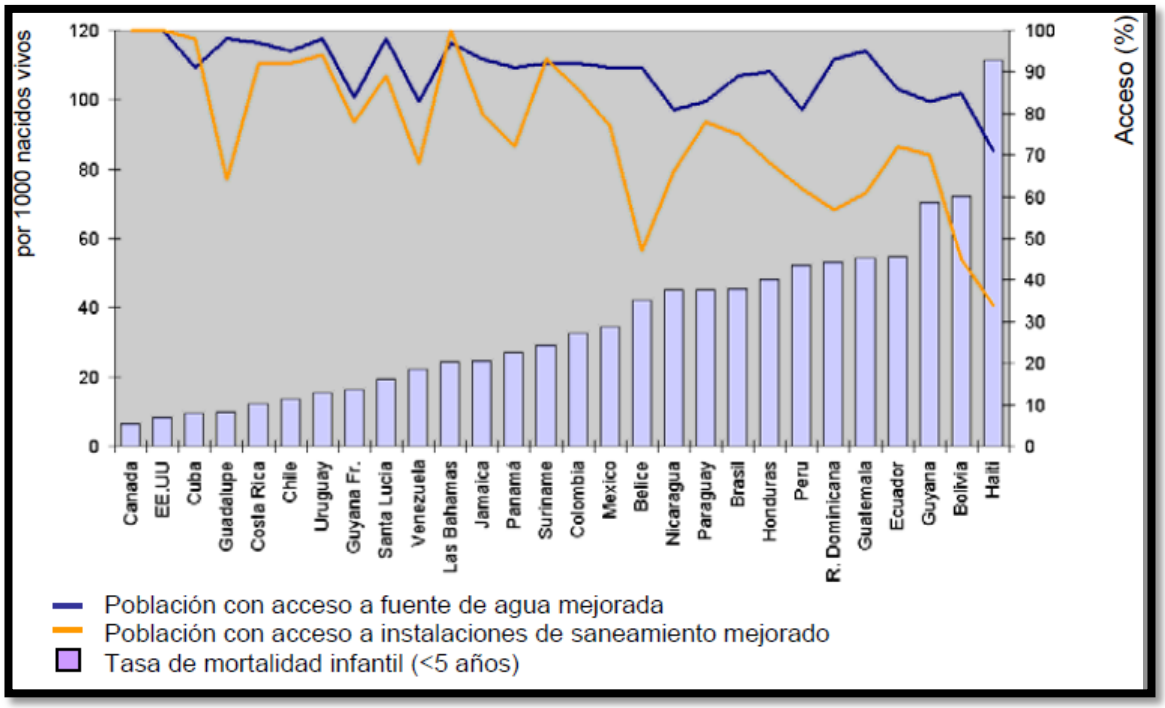


Figura 02: Acceso a Servicios de Agua y Saneamiento vs. Mortalidad Infantil. Fuente: O.M.S.

1.1.4.2 Las Mujeres.

Las enfermedades debidas al acceso inapropiado al agua y saneamiento limitan a las mujeres en diferentes formas y las consecuencias para las mujeres o niñas pueden ser mucho más significantes que para los varones; ellas son responsables del acarreo del agua que sus familias necesitan para la bebida, baño, cocina y otros usos domésticos, y mantener la higiene básica del hogar. Además, las enfermedades de los niños consumen una considerable proporción del tiempo de las mujeres, el cual pudiera ser usado en otras actividades cruciales.

Existe un creciente reconocimiento de que las mujeres y los hombres en conjunto necesitan decidir las mejoras en agua y saneamiento para su comunidad. Anteriormente, el dejar de lado las necesidades específicas de las mujeres ha llevado a que las bien intencionada instalaciones caigan en desuso.

Conseguir las metas del milenio en agua y saneamiento requiere proyectos que hagan coincidir las aspiraciones de la gente con su capacidad de pago, adoptando tecnologías y niveles de servicio adecuados.

Existe una clara evidencia de que la influencia de las mujeres en la planificación, financiamiento y mantenimiento de los proyectos comunitarios, los hace más probables de ser exitosos en el largo plazo.

1.1.4.3 Salud Materna.

El agua segura y saneamiento básico son necesarios en las instalaciones de salud para asegurar las prácticas básicas de higiene a continuación del parto.

El agua libre de contaminación es crucial para las madres gestantes para protegerlas de serias enfermedades como la hepatitis y dar a luz en centros de salud con sistemas de agua y saneamiento inadecuados y pobre manejo de residuos médicos incrementa el riesgo de enfermedades.

Se estima que durante la década pasada han muerto 190 mujeres por cada 100,000 nacimientos (alrededor de 22.000 al año) en América Latina y el Caribe. Esto constituye un grave problema de salud pública, que revela algunas de las más profundas inequidades en las condiciones de vida; asimismo, es un reflejo del estado de salud de las mujeres en edad reproductiva, así como de su acceso a los servicios de salud y calidad de la atención que reciben, incluido el acceso a la anticoncepción, que conlleva defunciones y daños a la salud totalmente evitables mediante un adecuado control y atención.

Existen grandes diferencias entre los países de la región y en los avances sustanciales que se espera de muchos de ellos. Solamente un pequeño grupo de países, Uruguay, Chile, Cuba, Santa Lucía, Argentina,

Brasil y Costa Rica, aparece con niveles por debajo de 50 muertes por cada 100,000 nacidos vivos. El resto presenta tasas que van desde 60 hasta un máximo de 520 defunciones maternas por 100.000 nacidos vivos en Haití.

1.1.5 ACCESO A LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

1.1.5.1 Estado Actual Del Acceso A Los Servicios

A lo largo de la primera mitad del plazo fijado para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), la región de América Latina y el Caribe ha mostrado un crecimiento en la provisión de servicios que la pone a un nivel de coberturas mayor que el promedio de los países en desarrollo e incluso que el promedio mundial. A pesar de ello, aún quedan cerca de 60 millones de personas sin acceso a una "fuente mejorada de abastecimiento de agua potable" – de las cuales la mayor parte se encuentran concentradas en Brasil y el Cono Sur – y aproximadamente 137 millones sin acceso a "instalaciones de saneamiento mejorado", siendo México (23.5 millones), Brasil (44.1 millones) y el Área Andina (32.7millones) donde se concentra la mayor parte de la población sin acceso a este servicio.

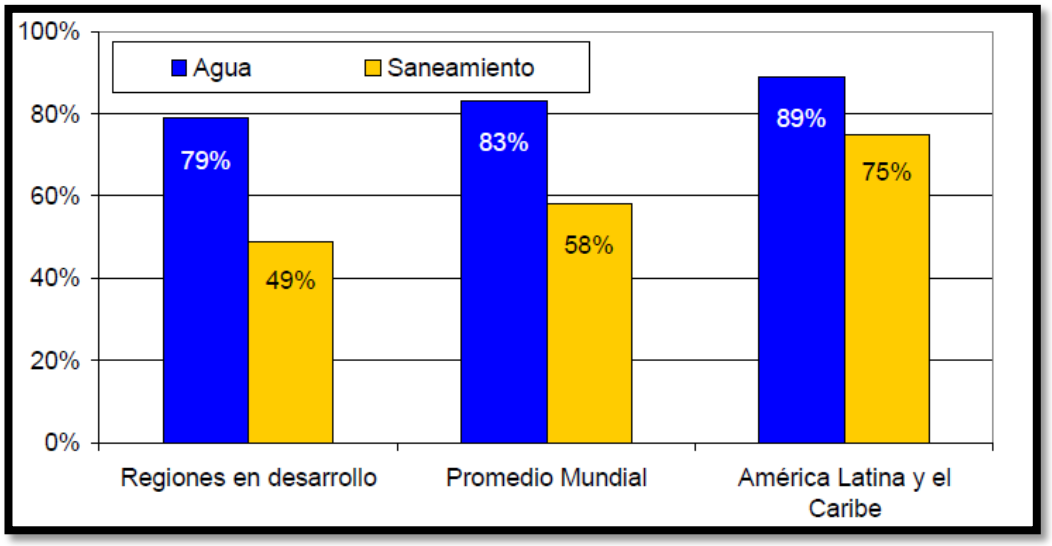


Figura 03: Cobertura de Servicios de Agua y Saneamiento Mejorado.

Fuente: O.M.S.

Sin embargo, estas cifras y la manera como son medidas no indican que la población atendida lo esté siendo de manera adecuada o que los servicios entregados lo sean en las condiciones necesarias para el mejoramiento la salud y calidad de vida; hecho que ha sido reconocido por las mismas instituciones que vienen realizando el monitoreo de las Metas. Existen además otros aspectos como la sostenibilidad y la vulnerabilidad de los sistemas que han venido afectando los avances en pos de alcanzar los ODM en Agua y Saneamiento; no obstante, programas para la provisión de servicios con enfoques en sostenibilidad y en reducción de vulnerabilidades son algunas herramientas que se vienen implementando cada vez en más países.

Otro punto adicional es que la sostenibilidad ambiental de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en su conjunto no ha venido siendo considerada y es así que, hasta el año 1998, sólo el 14% de los 600 m3/s de efluentes domésticos en la región tenían algún tipo de tratamiento antes de ser vertidos en ríos, mares y lagos o ser reutilizados en actividades productivas como la agricultura.

Esto es particularmente importante en una región en que las enfermedades infecciosas son aún la principal causa de mortalidad y morbilidad infantil; enfermedades que se originan principalmente por la falta de higiene y por la contaminación de agua para bebida y de los alimentos con patógenos (bacterias, virus y parásitos), que se encuentran en las aguas residuales domésticas dispuestas o tratadas de forma inadecuada.

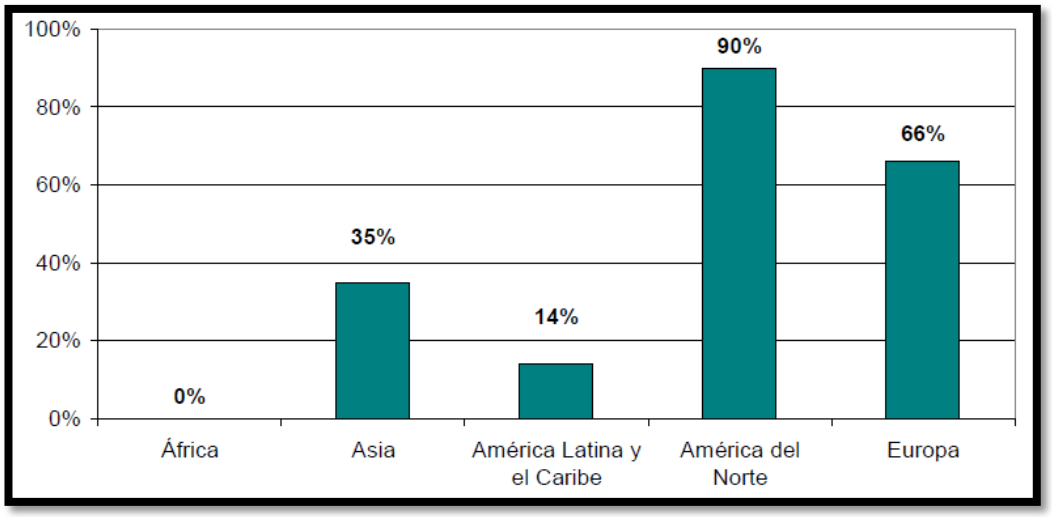


Figura 04: Tratamiento de Aguas Residuales en Diferentes Regiones del Mundo.

Fuente: O.M.S.

1.2 ANTECEDENTES.

Inicialmente se emprendió con el estudio en el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje por invitación de la Cooperativa de Vivienda de la Asociación de Empleados y Trabajadores de la UNACH, quienes poseen predios en ese sector y su meta es a futuro concretar la construcción de una urbanización, pero esta aspiración se ha visto truncada por la dificultad de acceso a los servicios de Agua Potable, Saneamiento y Alcantarillado Pluvial. Al recorrer la zona verificamos que se trata de un área de expansión urbana, en la cual se habían asentado sus pobladores sin tener acceso a servicios básicos como Agua Potable, Saneamiento y Alcantarillado Pluvial, y las redes existentes de estos servicios abastecían de manera deficiente a las pocas viviendas que tenían conexiones.

Con anterioridad se contaba con información de los Estudios de los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Riobamba, ya que esta zona se encuentra dentro de la segunda etapa de intervención de la EP-EMAPAR,

es decir a partir del año 2025 hasta el año 2040[1], pero debido al rápido crecimiento de urbe, esta zona se encuentra poblada en aproximadamente el 40% de su extensión, por lo que consideramos necesaria la realización de un estudio que permita encontrar alternativas para solucionar los problemas generados por la carencia y/o deficiencia de servicios básicos de agua potable, saneamiento y alcantarillado pluvial para la población del sector, antes del año 2025.

Otro aspecto tomado en cuenta para la investigación es el área del proyecto considerado en los Planes Maestros, que en una primera etapa hasta el año 2025 cubrirá un área igual a 4022 ha y, para la segunda etapa, unas 5771 ha, que son grandes extensiones en relación las 86.23 ha del Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje, anteriormente se han realizado estudios de esta índole para pequeñas extensiones en la ciudad de Riobamba, pero ninguno para el sitio en mención con lo que nos enfocaríamos a solucionar de manera específica los problemas de la zona.

[1]ESTUDIOS DE LOS PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA; Memoria Descriptiva Diseños Definitivos; (2009).

1.3 INVESTIGACIÓN DE LÍNEA BASE.

1.3.2. ASPECTOS GENERALES.

1.3.1.1 Descripción Geográfica.

a) Localización.

Figura 05: Satelital de la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

Fuente: Fotografía Satelital de la Ciudad de Riobamba-GADM de Riobamba.

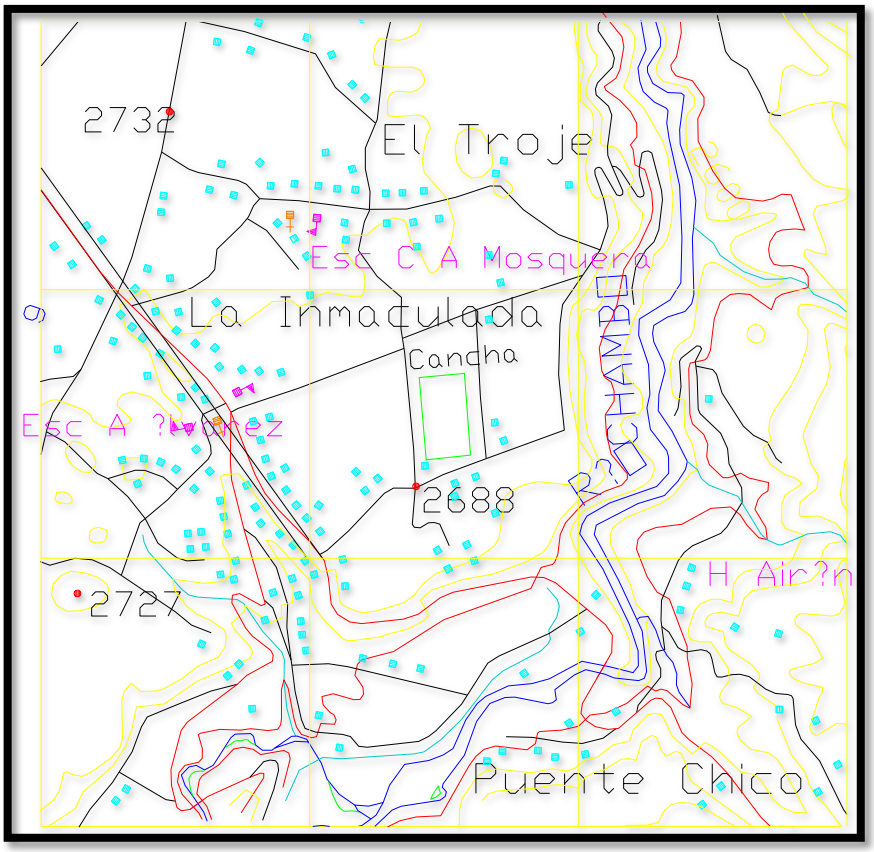


Figura 06: Ubicación Geográfica de la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

Fuente: Carta Topográfica Cantón Riobamba-Instituto Geográfico Militar IGM.

La zona de expansión urbana La Inmaculada-El Troje se encuentra ubicada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, a una distancia de 5 km del centro de la ciudad de Riobamba, en el límite con el cantón Chambo.

La zona de expansión urbana La Inmaculada-El Troje, se encuentra localizada dentro de las siguientes coordenadas rectangulares:

Tabla 03: Coordenadas Rectangulares de la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada – El Troje.

COORDENADAS	RECTANGULARES	
PROYECTO	**LATITUD**	**LONGITUD**
DE:	9'812.303 N	765.217 E
A:	9'810.834 N	765.304 E

Fuente: Elaboración Propia.

b) Límites.

Sus límites geográficos son:

AL NORTE: Con los barrios Los Laureles y Medio Mundo.

AL SUR: Con los Ríos Chambo y Chibunga.

AL ESTE: Con el Río Chambo.

AL OESTE: Con el barrio La Libertad.

c) Extensión.

El sector La Inmaculada-El Troje posee una extensión global de 83.26 Ha.

1.3.1.2 Aspecto Biofísico.

a) Clima.

La zona en estudio se localiza en la Región Interandina, al norte de la ciudad de Riobamba en la zona central del País, para determinar las características climatológicas del área en estudio se ha recurrido a la información disponible en el centro meteorológico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la información emitida por el INAMHI

El clima de la región es frío y húmedo, que se caracteriza por inviernos lluviosos y veranos totalmente secos, con temperaturas medias que fluctúan de 8,5º y 20,5º C. La temperatura promedio es de 14,5 °C.

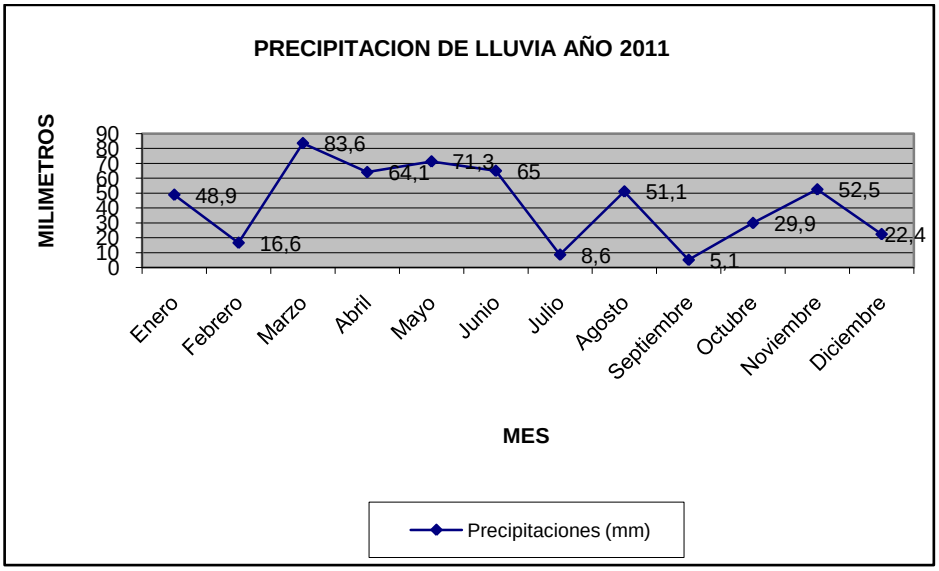


Figura 07: Precipitación Mensual en la ciudad de Riobamba en el Año 2011.

Fuente: INAMHI- Estación Meteorológica ESPOCH.

El período lluvioso corresponde a los meses comprendidos entre Marzo a Junio, la precipitación promedio anual es de 43.26mm según datos de la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

b) Topografía.

La topografía de la zona es en su mayoría de tipo plana con variaciones en el descenso a los Ríos Chambo y Chibunga, donde el terreno es totalmente irregular y con gran pendiente. La cota de la parte central del área de proyecto es 2769.685 msnm, la zona baja está a 2660.000 msnm, y la parte alta corresponde a la parte central del proyecto. Existe una diferencia de nivel de 140 m, con una pendiente promedio de 3.00 %, tomado como referencias del plano topográfico general de la ciudad del Riobamba el cual reposa en el Departamento de Planificación del Municipio de Riobamba, ejecutado por el Instituto Geográfico Militar

c) Hidrografía.

La principal cuenca hidrográfica cercana a la zona es la del Río Chambo, el cual atraviesa la hoya del mismo nombre situada al Noreste de la provincia de Chimborazo para luego unirse con el Río Patate y formar el Río Pastaza, afluente este último del Río Amazonas.

Otro importante río cercano es el Chibunga, el cual se origina en los deshielos del Chimborazo y atraviesa gran parte del cantón Riobamba para finalmente llegar al Río Chambo precisamente en los límites del área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje.

d) Recursos Naturales.

Antes de iniciarse el proceso de expansión urbana, en este sector existían grandes extensiones de bosque principalmente de eucaliptos, actualmente existen zonas boscosas en menor cantidad debido a la explotación agrícola y urbanización de la zona.

1.3.1.3 Historia Del Sector.

a) Historia del sector y del abastecimiento de agua.

Los primeros habitantes de esta zona fueron migrantes provenientes del cantón Chambo, así como también de las parroquias rurales de Riobamba: Licto, San Luis y Pungalá, los primeros asentamientos se originaron hacia mediados de la década de los 80, posteriormente con el crecimiento demográfico, un mayor número de personas llegó al sitio en el período 1997-2003, continuando la expansión urbana y poblacional hasta la actualidad.

El servicio de agua potable para los pobladores se estableció en la década durante la administración municipal del Alcalde Dr. Fernando Guerrero.

Posteriormente un grupo de pobladores, de las viviendas ubicadas en límite cantonal con Chambo, los cuales no recibían el líquido vital de Riobamba, iniciaron gestiones para recibir el servicio de Agua Potable por autogestión y construcción de un sistema autónomo, financiándose mediante un crédito de la Curia Diocesana, concretándose el proyecto en el año 2002, desde entonces una parte de la población recibe agua del cantón vecino a pesar de estar ubicados en Riobamba.

Durante la administración municipal 2000-2004, se construyó un sistema de Alcantarillado Sanitario pero que solo conectaba a las viviendas ubicadas junto a la Vía Chambo- Riobamba, mientras que el resto de la población, especialmente los que se encuentran más alejados de la vía, no cuentan con este servicio.

Constantemente los representantes barriales han realizado peticiones y gestionado la construcción de obras para la dotación de servicios básicos, pero las autoridades seccionales, en especial municipales aún no han contemplado proyectos para esta zona.

1.3.1.4 Demografía.

Según los datos arrojados por las encuestas para levantamiento de información de línea base para este proyecto, actualmente la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje cuenta con una población de 875 habitantes, los mismos que pertenecen a un número de 175 familias, las cuales habitan en un número similar de viviendas, es decir 175 casas.

Según el género, el 52% de habitantes (455 personas) son de sexo femenino y el 48% (420 personas) son de sexo masculino, esto en relación con el factor migración que ha provocado que la población masculina salga del sector, principalmente en busca de trabajo, hacia otras zonas del país y hacia el exterior.

De la población total de la zona del 17% corresponde al población infantil menor a 2 años, considerada un grupo vulnerable, es decir existen 104 niños menores a 2 años.

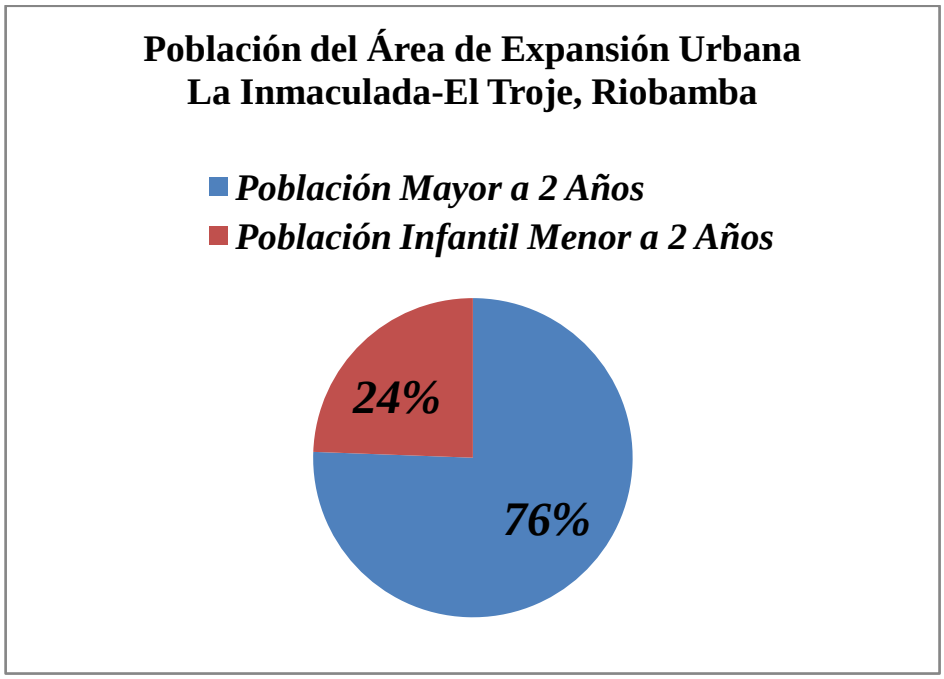


Figura 08: Promedio de la Población del Área la Inmaculada – El Troje

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha establecido también un promedio de 5 habitantes por vivienda en esta zona.

Existiendo a la par, un 5% de habitantes que han migrado hacia otras ciudades en el Ecuador y hacia otros países como Estados Unidos y España, por cuestiones económicas, en especial por el desempleo.

La Jefatura Familiar en la totalidad de los hogares la ostenta el Padre, o alguna persona de sexo masculino: Abuelos, Hijos Mayores, etc.

De los datos arrojados por la encuestas para levantamiento de información de línea base para este proyecto, se contabilizan un número de 25 niños nacidos vivos en el período 2010-2011.

1.3.1.5 Condiciones Socioeconómicas.

a) Actividad Productiva Predominante.

Del total de la población económicamente activa mayor a 18 años, según datos arrojados por nuestras encuestas, un 45 % se dedica a Actividades Agrícolas y Ganaderas, un 25% se dedica a Actividades de Comercio en Mercados y Negocios Propios, y el 30% restante a Otro Tipo de Actividades Económicas tales como Artesanales, Trabajadores de la Industria de la Construcción, Empleados Asalariados Públicos y Privados.

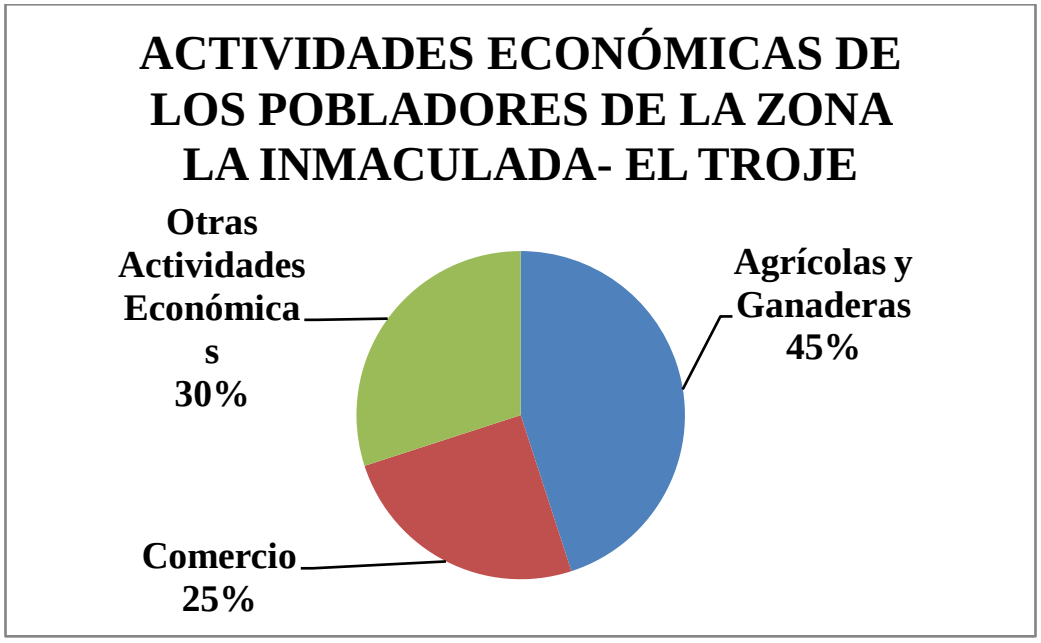


Figura 09: Actividades Económicas de los Pobladores de la Zona La Inmaculada – El Troje.

Fuente: Elaboración Propia.

b) División Familiar Del Trabajo.

Según los datos levantados en las encuestas socioeconómicas, en el 80% del total de los hogares (97 familias) es el hombre el que se encarga de sustentar económicamente a la familia, mientras que la mujer se encarga del cuidado del hogar y de los hijos.

Mientras que en el ámbito de gestión, en el 75% de las familias es la mujer la que se encarga de la organización y gestión ante la comunidad y las autoridades.

c) Ingresos Y Gastos Familiares.

- *Principales fuentes de ingreso y gastos de rubros.*

Como se mostró anteriormente las principales actividades que resultan en fuentes de ingreso para la población del sector son: la Agricultura y Ganadería, Actividades de Comercio en Mercados y Negocios Propios, y Otro Tipo de Actividades Económicas Varias tales como Artesanales, Trabajadores de la Industria de la Construcción, Empleados Asalariados Privados y Públicos.

Los rubros de egresos corresponden entre otros en sus respectivos porcentajes a:

a) Alimentación en un 40 %.
b) Pago de Servicios Básicos, Préstamos, Impuestos y Gastos Varios en un 20%.
c) Educación en un 15 %
d) Salud en un 15 %.
e) Transporte en un 10 %.
f) Vestimenta en un 5 %.

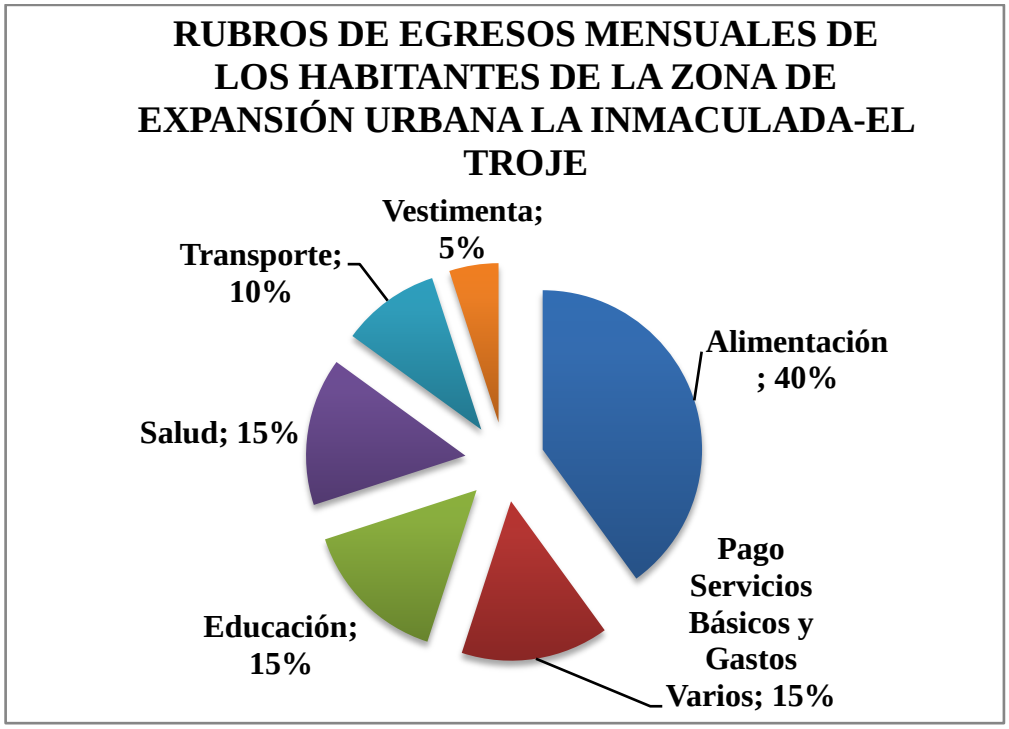


Figura 10: Egresos Mensuales de los Habitantes de la Zona La Inmaculada – El Troje.

Fuente: Elaboración Propia.

d) Cuantificación en Términos de Salario Mínimo Vital.

Según las encuestas socioeconómicas ejecutadas en forma aleatoria dentro del área del proyecto se determinó que el ingreso promedio por vivienda es $ 350,00 por mes, el nivel socioeconómico de la población es medio bajo y bajo.

En términos del Salario Básico Unificado (2012), cuyo valor es de $292,00; el ingreso promedio es de 1, 19 Salarios Mínimos Vitales, todo esto bajo la consideración de que en aproximadamente el 20% de los hogares el hombre y la mujer contribuyen económicamente al hogar y esto incrementa el ingreso promedio.

1.3.1.6 Servicios E Infraestructura.

a) Medios De Comunicación.

- *Vías de Acceso.*

La zona de expansión urbana La Inmaculada-El Troje se encuentra ubicada en la a una distancia de 5 km del centro de la ciudad de Riobamba, a un tiempo promedio de 10 minutos en automóvil.
La principal vía de acceso es la carretera Riobamba-Chambo, que es una vía asfaltada que se encuentra en buen estado, lo que facilita el acceso a los habitantes que poseen viviendas junto a la vía. En contraste con esto, las vías que comunican el interior del sector no están asfaltadas, por lo que el acceso en la época invernal se torna difícil para los habitantes del interior de esta zona.

- *Transporte Público.*

Existe una línea de buses urbanos que llega directamente al sector La Inmaculada-El Troje, los cuales operan de Lunes a Domingo de 07h00 a 16h00, con una frecuencia de 15 minutos, el valor del pasaje es de $ 0,25.

Adicionalmente por las vías Riobamba-Chambo y Riobamba-Licto existen líneas de buses intercantonales e interparroquiales que ofrecen el servicio de transporte hasta esta zona.

- *Radio y Televisión.*

En esta zona se recibe con claridad la señal de todas las emisoras de radio y canales de televisión de aire que llegan a Riobamba, adicionalmente la Superintendencia de Telecomunicaciones posee sus instalaciones y antenas en este sector lo que facilita la recepción de estos medios de comunicación en los hogares de los pobladores.

- *Otros Medios (Impresos).*

También se reciben diariamente los principales medios impresos nacionales y locales para beneficio de la población.

b) Educación.

- *Establecimientos Educativos.*

En la zona La Inmaculada-El Troje se cuenta con los siguientes establecimientos educativos con respectivo número de profesores y alumnos:

Tabla 04: Población de Alumnos y Profesores en Instituciones Educativas del Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO	**# DE ALUMNOS.**	**# DE PROFESORES.**
Escuela "César Mosquera"	65	7
Escuela "Antonio Álvarez"	81	11
Jardín de Infantes "Rosa Cazares"	9	3

Fuente: Elaboración Propia.

De estos 3 establecimientos educativos, el Jardín de Infantes "Rosa Cazares" es el único que se encuentra ubicado dentro del propio sector de estudio, por lo que la población estudiantil de 9 niños y 3 profesores será tomada en cuenta para los cálculos y diseños.

- *Régimen.*

Los establecimientos educativos de la zona funcionan bajo el régimen Sierra y Oriente, es decir las clases se llevan a cabo entre los meses de septiembre de un año y junio del siguiente año.

- *Disponibilidad y Estado de Agua y Batería Sanitaria.*

Los establecimientos educativos de la zona disponen de agua y baterías sanitarias en buen estado.

- *Programa de Educación Sanitaria y Educación Ambiental.*

Los alumnos de las instituciones educativas reciben clases y charlas sobre Educación Sanitaria como parte del programa general de estudios y como aporte educativo de los Centros de Salud cercanos. Adicionalmente también reciben clases de Educación Ambiental y se realizan actividades tales como mingas de limpieza y recolección de basura, siembra de árboles y plantas, etc.

- *Grado de Escolaridad y Analfabetismo en Adultos.*

Según información de las autoridades de los establecimientos citados anteriormente, el grado de escolaridad en la zona es del 95%, es decir 9,5 de cada 10 niños en edad escolar asiste a algún establecimiento.

El Analfabetismo en Adultos es del 5% de la población de personas mayores a 18 años de la zona.

c) Infraestructura.

En la zona no existe una unidad operativa de salud, por lo que los pobladores acuden al Hospital General Docente de Riobamba y al Centro de salud N°3 del Área Riobamba-Chambo en caso de presentar problemas de salud, existe una pequeña botica que provee de medicinas al sector y existen 4 tiendas proveedoras de víveres.
También cuenta con una Casa Barrial, una Capilla, 2 Canchas de Uso Múltiple y un Estadio.

El 99% de las viviendas cuenta con el servicio de electrificación (119 viviendas de un total de 121). Existe alumbrado público en la vía Riobamba-Chambo, pero las zonas alejadas de la vía no cuentan con este servicio.

El 97% de las viviendas están construidas con estructura de hormigón armado y mampostería de ladrillo o bloque (117 viviendas), mientras que el 3% de las edificaciones están construidas con estructura de madera y mampostería de adobe.

En el 90% de las viviendas los criterios de ubicación de la letrina y pozos sépticos.

1.3.1.7 Abastecimiento De Agua.

El 45% de viviendas de la zona de expansión urbana "La Inmaculada-El Troje" cuenta con el servicio de Agua Potable (79 viviendas).

De las 79 viviendas que reciben Agua Potable, el 70% recibe el servicio de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (39 viviendas), con una frecuencia de 3 horas al día durante 29 días por mes.

Mientras que el 30 % de las viviendas que cuentan con el servicio reciben el servicio administrado por la Junta Administradora de Agua Potable de La

Inmaculada, en este caso se abastecen del líquido desde una fuente en el sector de Titaycún cantón Chambo, durante las 24 horas del día durante 29 días por mes.

Tanto para los habitantes que reciben el servicio del cantón Riobamba, como para los que reciben el servicio del cantón Chambo, la dotación promedio es de 150 litros/habitantes/día.

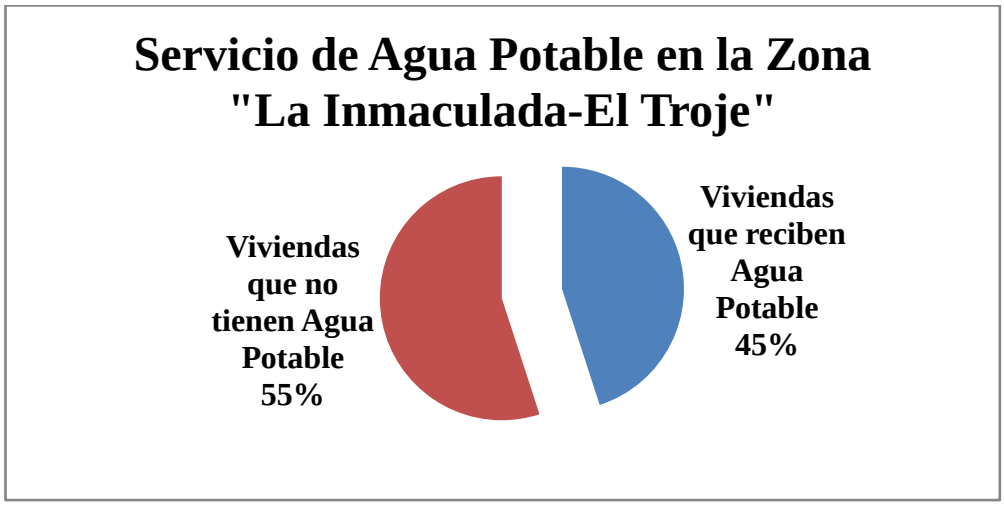


Figura 11: Porcentajes de Servicio de Agua Potable en la Zona La Inmaculada – El Troje

Fuente: Elaboración Propia.

Del número global de 175 familias, el 55% (66 viviendas) no reciben el servicio de dotación de agua potable por parte de alguna entidad estatal.

En el caso de las viviendas que no tienen el servicio de Agua Potable, el 48% (32 familias) se abastecen por medio de tanqueros, los cuales descargan el agua en cisternas o recipientes tapados que poseen los habitantes del sector, esta forma de abastecimiento es la más costosa debido a que se llegan a pagar hasta $ 20,00 por semana.

En tanto que el 52% de las familias (34 familias) que no cuentan con Agua Potable, se abastece transportando agua desde lugares cercanos como casas de los vecinos que sí poseen el servicio, en la mayoría de casos este trabajo es realizado

por mujeres adultas tardándose un promedio de 15 minutos en llevar el líquido del lugar de abastecimiento hasta sus hogares.

Citando las principales actividades en las que se necesitan el agua, tenemos:

- Aseo.
- Preparación de Alimentos y Bebidas.
- Lavado de Utensilios y Ropa.
- Alimentación de Animales.

Los usuarios de los servicios s de Agua Potable tanto de Riobamba como de Chambo cancelan los siguientes costos por m^3 de agua:

Tabla 05: Costo de m3 de Agua Potable en el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

	SERVICIO A. P. RIOBAMBA	**SERVICIO A. P. CHAMBO**
COSTO POR m^3	0.25 USD	0.16 USD

Fuente: Elaboración Propia.

Estableciendo el uso y consumo mensual de agua promedio en m^3 por familia tenemos los siguientes datos:

Tabla 06: Consumo Mensual promedio de Agua Potable por Familia.

m^3 POR FAMILIA	25 m^3
USO DOMÉSTICO	10 m^3
USO AGRÍCOLA	15 m^3
OTROS (PLANTA AVÍCOLA, FÁBRICA DE QUESOS)	20 m^3

Fuente: Elaboración Propia.

Según el número de familias y su consumo básico:

Tabla 07: Cantidad de Familias con Acceso al Servicio de Agua Potable en el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

# TOTAL DE FAMILIAS QUE TIENEN A. POTABLE	# DE FAMILIAS CON CONSUMO BÁSICO DE 15 m^3	# DE FAMILIAS CON CONSUMO BÁSICO DE 16 A 25 m^3	# DE FAMILIAS CON CONSUMO BÁSICO MAYOR A 25 m^3
79	56	19	4

Fuente: Elaboración propia

1.3.1.8 Situación De Salud Y Saneamiento.

a) Situación De Salud Infantil.

Del número global de pobladores (875 habitantes), el 75% de madres y el 60% de varones adultos tienen conocimientos en prevención y practican medidas en contra de las E.D.A. (Enfermedades Diarreicas Agudas).

Entre las principales medidas de prevención de E.D.A. que conocen y practican los pobladores tenemos:

- Lavarse las manos antes de alimentarse y después de ir al baño.
- Hervir o clorar el agua para preparar bebidas y alimentos.
- Guardar el agua para el consumo humano en recipientes limpios y cerrados.

Entre la población vulnerable (niños menores a 2 años de edad) las principales enfermedades son de tipo Respiratorio y E.D.A. Enfermedades Diarreicas Agudas, siendo estas últimas causadas y/o agravadas por la carencia o ineficiencia en la dotación de servicios básicos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, así como también por el desconocimiento de medidas de prevención.

Al no contar con un Subcentro de Salud en el sector, la población de la zona de expansión urbana La Inmaculada-El Troje acude en caso de presentarse enfermedades en el 40% de los casos al Hospital General Docente de Riobamba situado a aproximadamente a 4 km de distancia, y en un 60% al Centro de Salud N° 3 del Área Riobamba-Chambo, situado a 2.5 km de distancia, siendo este último el más cercano, al que mayor número de personas acude y el único que se permitió proporcionarnos información acerca de casos de E.D.A.

b) Saneamiento.

- *Disposición de Aguas Servidas y Excretas.*

En el 75% de las viviendas se eliminan las aguas servidas y excretas mediante pozos sépticos, tan solo el 25% de las familias cuentan con el servicio de alcantarillado, debido a que la descarga principal del sector solo llega a la zona de la vía Riobamba-Chambo.

En la totalidad de las viviendas donde se tienen pozos sépticos, estos se encuentran en buen estado.

- *Disposición de Basura.*

Un 35% de los pobladores entierran su basura, un 30% quema al aire libre slos desechos, el 20% dispone del Servicio de Recolección de Basura por parte del municipio de Riobamba y un 2% utiliza sus desechos para obtener humus y en lombricultura.

- *Hábitos Higiénicos***.**

En el 98% de hogares se dispone de rincones de aseo, donde se tiene agua y jabón para el aseo personal de los habitantes. El 2% restante que no dispone corresponde a viviendas donde se realizan otro tipo actividades y no son habitadas permanentemente.

- *Uso y Mantenimiento de la Letrina.*

De manera especial en las zonas alejadas de las vías principales, se determinó que el 15% del total de hogares dispone de letrina, la cual en la totalidad de los casos se encuentra en buen estado higiénico, como también en lo referente a la caseta, bacinete y paredes.

CAPÍTULO II.

2 .METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Esta investigación puede clasificarse como:

- **Descriptiva,** porque se realizó un diagnóstico de la situación actual de los servicios básicos de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, y tratamiento de aguas residuales, se caracterizó un fenómeno o situación concreta, como es la incidencia de enfermedades de origen hídrico vinculadas a la deficiencia de la dotación de los servicios anteriormente señalados, indicando sus rasgos más peculiares y diferenciadores.

- **Explicativa,** porque se estableció una relación causa-efecto entre la deficiencia en la dotación de los servicios básicos de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, y tratamiento de aguas residuales, y la incidencia de enfermedades de origen hídrico en la población del área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje.

2.2 POBLACIÓN MUESTRA

Este proyecto está dirigido a la totalidad de los habitantes del área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje, no existe muestra ya que se contabilizó y se tomó en cuenta a la totalidad de la población actual para el levantamiento de información, así como también para los cálculos y diseños previstos en el proyecto.

2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Se identificaron, establecieron y dimensionaron las variables del proyecto en la siguiente matriz:

Tabla 08: Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
PROBLEMAS DE SALUD DE ORIGEN HÍDRICO ORIGINADOS EN LOS DEFICIENTES SERVICIOS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO Y ALCANTARILLADO PLUVIAL.	# CASOS PARASITOSIS, #CASOS CÓLERA, #CASOS HEPATITIS, #CASOS DIARREA	# CASOS PARASITOSIS, #CASOS CÓLERA, #CASOS HEPATITIS, #CASOS DIARREA EN EL AÑO 2011 EN LA POBLACIÓN INFANTIL MENOR A 5 AÑOS.	REVISIÓN DE ARCHIVOS CENTRO SALUD N°3 ÁREA RIOBAMBA-CHAMBO	HOJAS DE EXCEL
PROBLEMAS DE VIALIDAD ORIGINADOS POR LA DEFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.	ÁREA DE BACHES, CUANTIFICACIÓN PORCENTUAL DE DAÑOS EN LA VÍA RIOBAMBA-CHAMBO Y VÍAS SECUNDARIAS DE LA ZONA	CUANTIFICACIÓN PORCENTUAL DE DAÑOS EN LA VÍA RIOBAMBA-CHAMBO DURANTE EL AÑO 2011	OBSERVACIÓN DIRECTA DE DAÑOS EN LA VÍA RIOBAMBA-CHAMBO.	FICHAS DE CAMPO.

Fuente: Elaboración Propia.

2.4 PROCEDIMIENTOS

De manera posterior a la elaboración y aprobación del perfil del proyecto, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la zona de investigación: Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

- Encuesta y censo poblacional para levantamiento de información de línea base en la zona de investigación.

- Diagnóstico de la dotación de servicios básicos de Agua Potable, Saneamiento, Alcantarillado Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales del Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

- Toma de muestras de agua potable y residual de las redes existentes en el sector de estudio para Análisis de Laboratorio Químico-Bacteriológico.

- Levantamiento Topográfico del Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

- Análisis de las Alternativas Propuestas por el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba, para el área de estudio.

- Propuesta de Diseño de la Red de Distribución de Agua Potable para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

- Propuesta de Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

- Propuesta de Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

- Propuesta de Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial (Cunetas) para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el análisis de los datos recogidos para nuestra investigación, se utilizaron como principal herramienta las hojas de cálculo de Excel, específicamente se aplicaron cálculos estadísticos tales como proyecciones geométricas y aritméticas, y gráficos de barras y de áreas para establecimiento y comparación de datos.

CAPÍTULO III.

5. RESULTADOS

Una vez establecidas las causas y efectos de la problemática referente a la carencia y/o deficiencia en la dotación de servicios básicos de Agua Potable, Saneamiento, Alcantarillado Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales, y de acuerdo a los procedimientos establecidos con anterioridad presentamos los resultados investigativos, los cuales corresponden a los diagnósticos de los sistemas existentes de los servicios antes mencionados, y la estadísticas referentes a enfermedades de origen hídrico, obtenidas del archivo del Centro de Salud N° 3 del Área Riobamba-Chambo.

3.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA LA INMACULADA-EL TROJE.

Como se describe en la investigación de línea base, existen 2 redes que proveen de agua potable a la zona de estudio, la primera a cargo de la EP-EMAPAR, y la segunda bajo la responsabilidad de la Junta Administradora de Agua Potable de La Inmaculada.

3.1.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PERTENECIENTE A LA EP-EMAPAR DEL CANTÓN RIOBAMBA.

5.1.1.1 Descripción General.

El sistema de abastecimiento de agua potable perteneciente a la EP-EMAPAR del cantón Riobamba presenta las siguientes características y datos relevantes:

- El sistema fue construido en al año 1975.

- Existen 60 usuarios registrados, pero dentro del área de estudio encontramos 27 usuarios pertenecientes a este sistema.

- Los usuarios reciben el líquido vital durante 1 a 2 horas, 1 vez al día, usualmente los días Domingos y Jueves.

- Los usuarios han designado a un morador del sector encargado de la apertura de las llaves para la distribución del líquido.

- Los usuarios no poseen medidores y realizan los pagos en la EP-EMAPAR.

- Cada usuario cancelan $ 12,50 mensuales como consumo básico.

a) Fuente. Tanque Reservorio.

En este sector se recibe agua de la RED 3 de la ciudad de Riobamba mediante tubería de H.G. de 3", la cual se almacena en un tanque reservorio ubicado en el norte del sector, en la zona alta sobre la intersección de la vía a Licto y la vía a Chambo, junto a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Fig. 12: Tanque Reservorio.
Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 13: Conducción de Agua desde la Red 3 hasta el Tanque Reservorio.
Fuente: Elaboración Propia.

El tanque fue construido en el año 1975, por autogestión de los moradores del sector, debido a que el escaso caudal de agua que llegaba por la conducción desde Riobamba no abastecía la demanda de los usuarios.

Es una estructura de hormigón armado de dimensiones: 14,00 m x 4,00 m x 3,00 m con una capacidad de 168,00 m^3, que se encuentra en estado regular, ubicada a una altura de 25 m sobre el nivel de la vía Riobamba-Chambo.

Se construyo en 2 etapas debido a la falta de recursos, la primera parte del tanque fue construída en el año 1975, sus medidas eran 7,00 m x 4,00 m x 3,00 m y la segunda en el año 2002 alcanzando las actuales dimensiones.

En el tanque se instalaron válvulas para la distribución del agua a los usuarios, las cuales se ubican dentro de cajas para su protección, algunas se encuentran en mal estado, presentando fugas, roturas, presencia de agentes extraños, y oxido en cada uno de los accesorios teniendo un mal funcionamiento a lo largo de todo este tiempo.

Fig. 14: Caja de Válvulas.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 15: Válvulas en Mal Estado.

Fuente: Elaboración Propia.

Alrededor del terreno donde se localiza el tanque se encuentra una cantera en plena explotación, cuyos propietarios han extraído el material pétreo hasta dejar el borde del talud a 5,00 m delante del tanque, por lo que esta estructura se encuentra en evidente peligro.

Fig. 16: Cantera en Explotación Junto al Tanque.
Fuente: Elaboración Propia.

b) Conducción.

La conducción del agua potable se realiza desde el tanque reservorio hasta las viviendas mediante mangueras de polietileno de 2'', las cuales se encuentran en mal estado y en alguno lugares están sometidas a la intemperie ya que no están enterradas o protegidas adecuadamente, por tanto se presentan pérdidas por fugas, estas conducciones se han construido de manera artesanal y anti técnica.

Fig. 17: Conducción desde el Tanque Reservorio Mediante Mangueras de Polietileno 2''.

Fuente: Elaboración Propia.

c) Distribución.

Las redes de servicio domiciliario han sido concebidas de manera empírica, es decir que no se han utilizado criterios técnicos para su construcción y su debido funcionamiento; cada usuario conecta una manguera de polietileno de 1/2'' desde la conducción principal hasta su domicilio.

Al igual que las mangueras de 2'' que conducen el agua hasta los domicilios, estas no se encuentran enterradas y están sometidas a la intemperie.

Fig. 18: Distribución Mediante Mangueras de Polietileno de 1/2''.
Fuente: Elaboración Propia.

d) Aforo de Caudal.

Considerando que este sistema tiene un horario irregular de distribución, se realizó el aforo los días domingos y jueves, que fueron señalados por los usuarios como días en los que reciben agua y en las horas que hay mayor caudal, esto es a partir de la 07h00 hasta las 9h00, durante este horario. Además el caudal que llega al tanque desde la RED 3 es de 1.58 l/s o 5.688 m3/h. En los tres sitios de aforo se obtuvieron los siguientes caudales:

Tabla 09: Datos del Caudal Aforado.

SITIO DE AFORO	CAUDAL AFORADO (l/s)	CAUDAL AFORADO (m^3/h)
1. Zona Norte (Vía Riobamba-Licto)	0,506	1,821
2 .Zona Centro (Parada Buses La Inmaculada)	0,345	1,242
3. Zona Sur (Entrada al sector El Troje)	0,199	0,716

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 19: Aforo Sistema Agua Potable EP-EMAPAR (Riobamba).

Fuente: Elaboración Propia.

e) Toma de Muestras.

Se tomaron 3 muestras representativas del agua de esta red para el respectivo Análisis Químico-Bacteriológico, en recipientes adecuados (no metálicos), en 3 sectores ubicados en las zonas Norte, Centro y Sur del sector, en la cantidad de 2 litros, directamente del chorro de agua que descarga en las viviendas, siguiendo las indicaciones del Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, lugar al cual fueron enviadas para ser analizadas.

Cabe recalcar que los recipientes deben ser etiquetados señalando un código para reconocer la muestra, el lugar, hora y fecha donde fueron tomadas.

De igual manera es importante manejar y transportar las muestras de manera adecuada, es decir llevarlas al laboratorio en el menor tiempo posible, si es posible mantenerlas en refrigeración y no exponerlas directamente a la luz solar.

Fig. 20: Toma de Muestras Sistema Agua Potable EP-EMAPAR (Riobamba).

Fuente: Elaboración Propia.

f) Resultados del Análisis Químico-Bacteriológico.

El Análisis Químico-Bacteriológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

Se evaluaron los siguientes parámetros para el análisis de la muestra de agua de consumo, en este caso procedente del sistema de la EP-EMAPAR:

- Ph.
- Conductividad.
- Turbiedad.
- Color.
- Sólidos Totales.
- Alcalinidad.
- Cloruros.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Fecales.

Las muestras de esta red fueron identificadas con los siguientes códigos:

- MA-602-11
- MA-603-11
- MA-604-11

Los resultados obtenidos para cada muestra son los siguientes:

3.1.2 COMPARACIÓN LOS RESULTADOS DE CADA PARÁMETRO EVALUADO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES:

Tabla 10: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-602-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
Ph	$[H^+]$	6,82	6,5-8,5	7-8,5	SSA Tabla IV.9
Conductividad	µS/cm	455		1500	EPA 1997. HI98.303
Turbiedad	FTU-NTU	0,02	10 - (5)*	1	SSA Tabla IV.9 * NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Color	Upt-co	< 1	15	5	SSA Tabla IV.9 NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Sólidos Totales	mg/l	208	1000	250	SSA Tabla IV.9
Alcalinidad	mgCaCO3/l	82		20	EPA 1997. HI98.303
Cloruros	mg/l	1,69	250		SSA Tabla IV.9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 2	6		TULAS ANEXO VI. TABLA 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 2	3		TULAS ANEXO VI. TABLA 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Tabla 11: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-603-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
ph	$[H^+]$	7,65	6,5-8,5	7-8,5	SSA Tabla IV.9
Conductividad	µS/cm	772,00		1500	EPA 1997. HI98.303
Turbiedad	FTU-NTU	0,03	10 - (5)*	1	SSA Tabla IV.9 * NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Color	Upt-co	< 1	15	5	SSA Tabla IV.9 NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Sólidos Totales	mg/l	602	1000	250	SSA Tabla IV.9
Alcalinidad	mgCaCO3/l	338		20	EPA 1997. HI98.303
Cloruros	mg/l	3,39	250		SSA Tabla IV.9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 2	6		TULAS ANEXO VI. TABLA 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 2	3		TULAS ANEXO VI. TABLA 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Tabla 12: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-604-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
ph	$[H^+]$	7,64	6,5-8,5	7-8,5	SSA Tabla IV.9
Conductividad	µS/cm	780		1500	EPA 1997. HI98.303
Turbiedad	FTU-NTU	0,02	10 - (5)*	1	SSA Tabla IV.9 * NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Color	Upt-co	< 1	15	5	SSA Tabla IV.9 NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Sólidos Totales	mg/l	590	1000	250	SSA Tabla IV.9
Alcalinidad	mgCaCO3/l	200		20	EPA 1997. HI98.303
Cloruros	mg/l	3,39	250		SSA Tabla IV.9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 2	6		TULAS ANEXO VI. TABLA 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 2	3		TULAS ANEXO VI. TABLA 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

3.2 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PERTENECIENTE A LA JUNTA DE AGUA POTABLE LA INMACULADA.

3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El sistema de abastecimiento de agua potable perteneciente a la Junta de Agua Potable La Inmaculada presenta las siguientes características y datos relevantes:

- El sistema fue construido en al año 1995 (Captación, parte de la conducción).

- La captación se encuentra ubicada en el sector de Titaycún perteneciente al cantón Chambo.

- Tiene 194 usuarios registrados, de los cuales 88 se encuentran en el área de estudio.

- Los usuarios tienen una dotación permanente de agua potable (24 horas al día).

- La totalidad de los usuarios poseen medidores y realizan los pagos en la Junta de Agua Potable La Inmaculada.

- El pago básico por el servicio de agua potable de esta red es de $ 2,50 (hasta 15 m^3), por cada m^3 adicional consumido cancelan un valor de $0,10.

a) Fuente.

En este sector se recibe agua proveniente de las vertientes de Titaycún, la captación se encuentra ubicada a 6,00 km del sector.

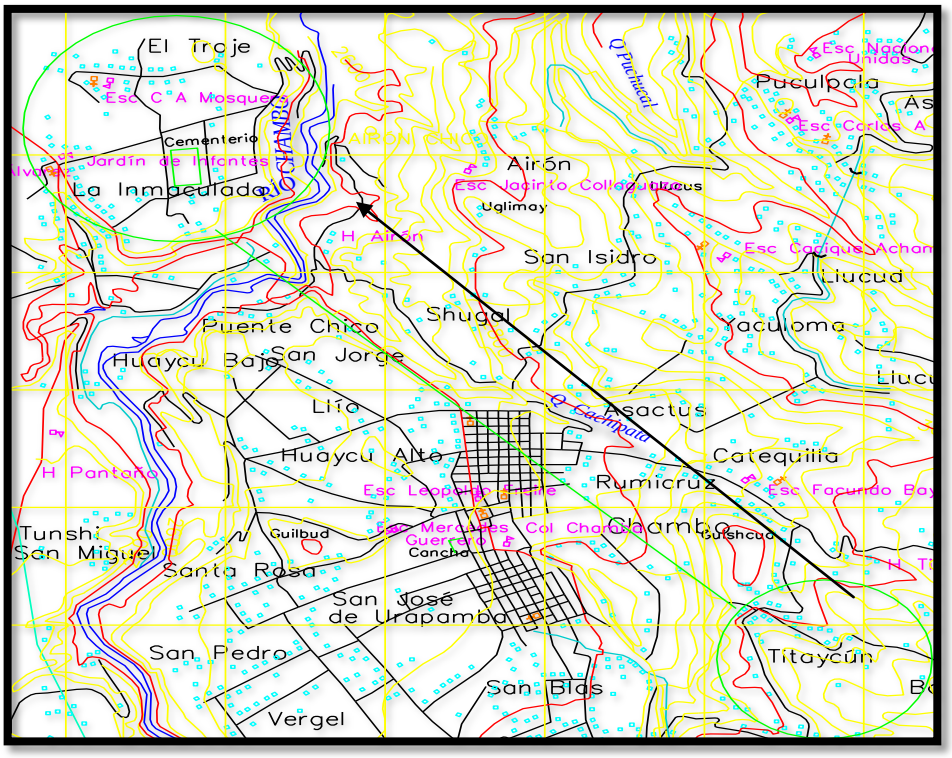


Fig. 21: Ubicación de la Vertiente Titaycún.

Fuente: Carta Topográfica Cantón Riobamba-Instituto Geográfico Militar IGM.

b) Tanque y Planta de Potabilización.

El tanque reservorio y planta de potabilización de la Junta de Agua Potable La Inmaculada fueron construidos en el año 2008, como parte final del Sistema de Agua Potable administrado por la Junta.

El agua cruda es sometida a los procesos de: Sedimentación, Aereación y Cloración para ser potabilizada, y distribuida por la red.

El tanque es una estructura de concreto reforzado, su capacidad es de 147 m3.

Fig. 22: Planta de Potabilización y Tanque Reservorio La Inmaculada.
Fuente: Elaboración Propia.

c) Conducción y Distribución.

La conducción desde la captación construida en la vertiente hasta la planta de potabilización y tanque reservorio La Inmaculada se realiza mediante tubería de H.G. de 3", la construcción se terminó en el año 2002, dicha tubería se encuentra en buen estado, al igual que sus válvulas de aire y desfogue. La red de distribución ha sido construida de forma antitécnica, utilizando mangueras de polietileno de 1/2'', estas se encuentran a la intemperie.

Figura 23: Distribución Mediante Mangueras de Polietileno de 1/2''
Fuente: Elaboración Propia.

d) Aforo de Caudal.

Este sistema tiene una dotación permanente de agua potable, las 24 horas del día, se tomaron caudales en 3 distintos lugares, obteniendo los siguientes caudales en cada punto de aforo:

Tabla 13: Datos del Caudal Aforado.

SITIO DE AFORO	CAUDAL AFORADO (l/s)	CAUDAL AFORADO (m^3/h)
1.Zona Sur (Límite Cantonal Chambo-Riobamba)	0,376	1,353
2 .Zona Centro (Parada Buses La Inmaculada)	0,307	1,105
3. Zona Norte (Escuela "Antonio Álvarez")	0,205	0,738

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 24: Aforo Sistema Junta de Agua Potable La Inmaculada (Chambo).
Fuente: Elaboración Propia.

e) *Toma de Muestras.*

Al igual que en la red de agua potable de la EP-EMAPAR, se tomaron 3 muestras representativas del agua de esta red para el respectivo Análisis Químico-Bacteriológico, en recipientes adecuados (no metálicos), en 3 sectores ubicados en las zonas alta, media y baja del sector, en la cantidad de 2 litros, directamente del chorro de agua que descarga en las viviendas, siguiendo las indicaciones del Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, lugar al cual fueron enviadas para ser analizadas.

Cabe recalcar que los recipientes deben ser etiquetados señalando un código para reconocer la muestra, el lugar, hora y fecha donde fueron tomadas.

De igual manera es importante manejar y transportar las muestras de manera adecuada, es decir llevarlas al laboratorio en el menor tiempo posible, si es posible mantenerlas en refrigeración y no exponerlas directamente a la luz solar.

Fig. 25: Toma de muestras sistema Junta de Agua Potable La Inmaculada (Agua Titaycún-Chambo).
Fuente: Elaboración Propia.

f) Resultados del Análisis Químico-Bacteriológico.

El Análisis Químico-Bacteriológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

Se evaluaron los siguientes parámetros para el análisis de la muestra de agua de consumo, en este caso procedente del sistema de la Junta de Agua Potable La Inmaculada:

- Ph.
- Conductividad.
- Turbiedad.
- Color.
- Sólidos Totales.
- Alcalinidad.
- Cloruros.
- Coliformes Totales.
- Coliformes Fecales.

Las muestras de esta red fueron identificadas con los siguientes códigos:

- MA-599-11
- MA-600-11
- MA-601-11

Los resultados obtenidos para cada muestra son los siguientes:

3.2.2 COMPARACIÓN LOS RESULTADOS DE CADA PARÁMETRO EVALUADO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES:

Tabla 14: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-599-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
ph	$[H^+]$	6,79	6,5-8,5	7-8,5	SSA Tabla IV.9
Conductividad	µS/cm	455		1500	EPA 1997. HI98.303
Turbiedad	FTU-NTU	0,02	10 - (5)*	1	SSA Tabla IV.9 * NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Color	Upt-co	< 1	15	5	SSA Tabla IV.9 NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Sólidos Totales	mg/l	208	1000	250	SSA Tabla IV.9
Alcalinidad	mgCaCO3/l	82		20	EPA 1997. HI98.303
Cloruros	mg/l	1,69	250		SSA Tabla IV.9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 2	6		TULAS ANEXO VI. TABLA 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 2	3		TULAS ANEXO VI. TABLA 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Tabla 15: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-600-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
ph	$[H^+]$	6,57	6,5-8,5	7-8,5	SSA Tabla IV.9
Conductividad	µS/cm	148,20		1500	EPA 1997. HI98.303
Turbiedad	FTU-NTU	0,07	10 - (5)*	1	SSA Tabla IV.9 * NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Color	Upt-co	< 1	15	5	SSA Tabla IV.9 NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Sólidos Totales	mg/l	220	1000	250	SSA Tabla IV.9
Alcalinidad	mgCaCO3/l	338		20	EPA 1997. HI98.303
Cloruros	mg/l	1,69	250		SSA Tabla IV.9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 2	6		TULAS ANEXO VI. TABLA 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 2	3		TULAS ANEXO VI. TABLA 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Tabla 16: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-601-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
ph	$[H^+]$	6,59	6,5-8,5	7-8,5	SSA Tabla IV.9
Conductividad	µS/cm	780		1500	EPA 1997. HI98.303
Turbiedad	FTU-NTU	0,02	10 - (5)*	1	SSA Tabla IV.9 * NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Color	Upt-co	< 1	15	5	SSA Tabla IV.9 NTE INEN 1108:2011-5.1.1
Sólidos Totales	mg/l	420	1000	250	SSA Tabla IV.9
Alcalinidad	mgCaCO3/l	187		20	EPA 1997. HI98.303
Cloruros	mg/l	1,69	250		SSA Tabla IV.9
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 2	6		TULAS ANEXO VI. TABLA 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 2	3		TULAS ANEXO VI. TABLA 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

3.3 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA DE EXPANSION URBANA LA INMACULADA-EL TROJE.

3.3.2 DIAGNÓSTICO GENERAL.

La investigación de línea base determinó que tan solo el 25% de las viviendas de la zona La Inmaculada-El Troje tenían acceso al servicio de alcantarillado sanitario, mientras el 75% restante eliminaba las aguas servidas mediante pozos sépticos y en los ríos y quebradas cercanas.

En cuanto a la población que tiene acceso al servicio, las viviendas se conectan a 2 emisarios principales pertenecientes a la EP-EMAPAR, los cuales recogen descargas de aguas servidas del sector Sureste de Riobamba, llegan hasta el sector La Inmaculada y se descargan en la corriente del río Chambo.

Fig. 26: Confluencia de los ríos Chambo y Chibunga. Cercanías de la descarga final del Alcantarillado Sanitario.
Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.1 Emisario 1 (Antiguo).

El Emisario 1 denominado también “emisario antiguo”, recorre 2 km en paralelo a l vía Riobamba-Chambo, para posteriormente a la altura del desvío a Licto, enrumbarse hacia la descarga final en el río Chambo.

Fig. 27: Descarga del Emisario 1 (antiguo).
Fuente: Elaboración Propia.

Fue construido en la década de los 70 por la EP-EMAPAR, se trata de una estructura de tipo cajón de 2,00 m x 1,80 m.

Recoge aguas servidas de toda la ciudad de Riobamba, siendo las áreas a portantes más cercanas las zonas y barrios ubicados al sureste de Riobamba como: Sixto Durán, Pucará, Fausto Molina, Camal Municipal, Los Cactus, Centro de Rehabilitación Social Riobamba, Parque Industrial Riobamba, TUBASEC S.A. y La Inmaculada.

La descarga de las aguas residuales se realiza directamente en las aguas del Río Chambo a una distancia de 250 m de la confluencia entre los ríos Chambo y Chibunga, no existe una planta de tratamiento para esta conducción, consecuencia

de lo cual se producen impactos ambientales como contaminación de las aguas del río y de los suelos del lugar.

Fig. 28: Contaminación del Río Chambo Generada por la Descarga del Alcantarillado De Riobamba.
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29: Contaminación de los Suelos Adyacentes a la Descarga del Alcantarillado de Riobamba.
Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.2 Emisario 2 (Nuevo).

El Emisario 2 denominado también “Emisario Nuevo”, al igual que el Emisario 1 recorre paralelamente a la vía Riobamba-Chambo, y al llegar al desvío a Licto, se dirige hacia su descarga final en el Río Chambo.

Fig. 30: Emisario 2 (Nuevo).
Fuente: Elaboración Propia.

Fue construido en el año 1992 por la EP-EMAPAR, se trata de una estructura de tipo cajón de 2,00 m x 2,40 m.

De la misma forma que el anterior, recoge aguas servidas de toda la ciudad de Riobamba, siendo las áreas a portantes más cercanas las zonas y barrios ubicados al sureste de Riobamba como: Sixto Durán, Pucará, Fausto Molina, Camal Municipal, Los Cactus, Centro de Rehabilitación Social Riobamba, Parque Industrial Riobamba, TUBASEC S.A. y La Inmaculada.

La descarga de las aguas residuales se realiza directamente en las aguas del Río Chambo a una distancia de 300 m de la confluencia entre los ríos Chambo y Chibunga, y a 50 m del Emisario 1, no existe una planta de tratamiento para esta conducción, consecuencia de lo cual se producen impactos ambientales como contaminación de las aguas del río y de los suelos del lugar.

3.3.1.3 Redes Secundarias.

Existen 2 redes secundarias que recogen las aguas servidas del sector La Inmaculada, para posteriormente conectarse con los emisarios finales.

a) Red Secundaria 1.

Recorre paralelamente a la vía a Licto, tiene una longitud de 300 m; con un diámetro de tubería de 200 mm, existen 4 pozos de revisión situados cada uno a una distancia de 100 m, fue construido por gestión de los habitantes del barrio La Inmaculada, en el año 1994. Los domicilios situados a lo largo de la vía a Licto se conectan a este emisario secundario. Esta a su vez se descarga en el Emisario Principal 1 (Antiguo). El 70% de la longitud total de esta red se encuentra fuera del área de estudio, en su mayor parte sirve a las viviendas ubicadas en la vía a Licto.

Fig. 31: Pozo de Revisión Red Secundaria 1.

Fuente: Elaboración propia

b) Red Secundaria 2.

Tiene una longitud de 500 m; con un diámetro de tubería de 200 mm, está construido a lo largo de la vía a Chambo, existen pozos de revisión situados cada uno a una distancia de 100 m, por gestión de los habitantes del barrio La Inmaculada, en el año 2010. Los domicilios situados a lo largo de la vía a Chambo se conectan a este emisario secundario. Esta a su vez se descarga en el Emisario Principal 1 (Antiguo). Esta red se encuentra en la totalidad de su longitud ubicada en el área de estudio, por lo que será tomada en cuenta dentro de los cálculos hidráulicos de la propuesta referente al servicio de alcantarillado sanitario.

Fig. 32: Pozo de Revisión Red Secundaria 2.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.4. Toma De Muestras.

Se tomaron 3 muestras de aguas residuales correspondientes a la descarga del Emisario 2 (Nuevo), las muestras se tomaron en forma continua durante los horarios de mayor descarga hacia la red, es decir durante la mañana de 06h00 a 09h00, en la tarde de 12h00 a 15h00, y en la noche de 18h00 a 20h00, uniendo las aguas obtenidas en principio hasta obtener la cantidad de 2 litros por muestra,

Estas muestras de agua residual se enviaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, para su respectivo Análisis Químico-Bacteriológico.

Cabe recalcar que los recipientes deben ser etiquetados señalando un código para reconocer la muestra, el lugar, hora y fecha donde fueron tomadas.

Fig. 33: Toma de muestras agua residual. Emisario 2 (nuevo).
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.5 Resultados del Análisis Químico-Bacteriológico.

El Análisis Químico-Bacteriológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

Se evaluaron los siguientes parámetros para el análisis de la muestra de agua residual, en este caso procedente del Emisario Principal 2 (Nuevo):

- Ph.
- Color.
- DBO_5
- DQO
- Sólidos Suspendidos.
- Sólidos Totales
- Coliformes Totales.

Las muestras de aguas residuales fueron identificadas con los siguientes códigos:

- MA-605-11
- MA-606-11
- MA-607-11

Los resultados obtenidos para cada muestra son los siguientes:

3.3.2. COMPARACIÓN LOS RESULTADOS DE CADA PARÁMETRO EVALUADO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES:

Tabla 17: Parámetros Evaluados con los Límites Máximos Permisibles.

MA-605-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
Ph	$[H^+]$	7,24	5-9		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Color	Upt-co	1210	Inapreciable en dilución:1/20		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
DBO_5	mg/l	360	100		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
DQO	mg/l	418	250		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Sólidos Suspendidos	mg/l	61	100		SSA Tabla IV.9
Sólidos Totales	mg/l	872	1600		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Coliformes Totales	UFC/100 ml	9700	Remoción > al 99,9%		TULAS ANEXO VI. TABLA 12

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Tabla 18: Parámetro Evaluado con los Límites Máximos Permisibles.

MA-606-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
Ph	$[H^+]$	7,16	5-9		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Color	Upt-co	1680	Inapreciable en dilución:1/20		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
DBO_5	mg/l	260	100		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
DQO	mg/l	598	250		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Sólidos Suspendidos	mg/l	69	100		SSA Tabla IV.9
Sólidos Totales	mg/l	906	1600		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Coliformes Totales	UFC/100 ml	14600	Remoción > al 99,9%		TULAS ANEXO VI. TABLA 12

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

Tabla 19: Parámetro Evaluado con los Límites Máximos Permisibles.

MA-607-11					
PARÁMETRO EVALUADO	**UNIDAD**	**RESULTADO OBTENIDO**	**LÍMITE PERMISIBLE**	**LÍMITE RECOMENDABLE**	**NORMAS**
Ph	$[H^+]$	7,13	5-9		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Color	Upt-co	1925	Inapreciable en dilución:1/20		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
DBO_5	mg/l	200	100		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
DQO	mg/l	642	250		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Sólidos Suspendidos	mg/l	104	100		SSA Tabla IV.9
Sólidos Totales	mg/l	806	1600		TULAS ANEXO VI. TABLA 12
Coliformes Totales	UFC/100 ml	2040	Remoción > al 99,9%		TULAS ANEXO VI. TABLA 12

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

3.4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE DE RIOBAMBA.

El sector La Inmaculada-EL Troje, carece de un sistema de alcantarillado pluvial, a excepción del tramo de la vía Riobamba-Chambo que por aquí atraviesa, que cuenta con cunetas laterales triangulares para la evacuación de aguas de escorrentía.

Cabe recalcar que para este sector no se encuentran definidos los correspondientes ejes viales por parte del GADM Riobamba debido a que no está considerada como una zona urbana sino más bien como un área de influencia, y en consecuencia esta zona será intervenida a partir del año 2025.

Al no disponer de un trazado de ejes viales por parte del Departamento de Planificación del GADM Riobamba, se evaluarán las vías existentes como principal alternativa para el posterior trazado de los mismos.

3.4.1 VÍA RIOBAMBA-CHAMBO.

Fig. 34: Vía Riobamba-Chambo
Fuente: Elaboración Propia.

La vía Riobamba-Chambo, recorre el sector, en una longitud de 1.176 km, en todo esta distancia cuenta con un sistema de cunetas laterales, que recogen las aguas de escorrentía desde el sector de la Superintendencia de Telecomunicaciones hasta el Límite con el cantón Chambo, estas aguas finalmente son conducidas al cauce del río Chambo.

Esta vía fue asfaltada y señalizada por el Gobierno Provincial de Chimborazo en el año 2009, y desde entonces no ha recibido ningún tipo de mantenimiento por parte de alguna institución pública, excepto limpieza de cunetas por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Con relación a los daños causados por las aguas lluvias, este tramo de la carretera presenta daños en un 5% de su totalidad, con baches y hundimientos puntuales, circulación sin restricciones durante todo el año, por lo que se considera que se encuentra en buen estado.

3.4.2 CALLE LONGITUDINAL 1.

Fig. 35: Calle Longitudinal 1

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 36: Calle Longitudinal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

La calle Longitudinal 1 no cuenta con alcantarillado pluvial, en ningún sector a lo largo de sus 0.680 km de longitud.

La vía, en su totalidad, no está asfaltada o adoquinada, los daños debido a las aguas de escorrentía son evidentes, la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables en un 25% de su recorrido, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular.

3.4.3. CALLE LONGITUDINAL 2.

Fig 37: Calle Longitudinal 2.

Fuente: Elaboración Propia.

La calle Longitudinal 2 no dispone de un sistema de alcantarillado pluvial, en ninguna zona sector a lo largo de sus 0.468 km de longitud.

Esta calle no está asfaltada o adoquinada en ningún sector, los daños debido a las aguas de escorrentía son evidentes, se presentan baches y hundimientos en un 25% de su recorrido, la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular.

3.4.4. CALLE LONGITUDINAL 3.

Fig. 38: Calle Longitudinal 3

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 39: Calle Longitudinal 3

Fuente: Elaboración Propia.

La calle Longitudinal 3 no cuenta con obras de alcantarillado pluvial, en sus 0.636 km de longitud.

La vía en mención está asfaltada en un 60% de su longitud, debido a las aguas lluvias no evacuadas la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables en el 20% de su recorrido, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular.

3.4.5. CALLE LONGITUDINAL 4.

Fig. 40: Calle Longitudinal 4

Fuente: Elaboración Propia.

La calle Longitudinal 4 no dispone de obras de alcantarillado pluvial, en sus 0.254 km de longitud.

La vía en mención no presenta ningún tipo de pavimento en su totalidad, debido a las aguas lluvias no evacuadas la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables en el 40%, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular.

3.4.6. CALLE LONGITUDINAL 5.

Fig. 41: Calle Longitudinal 5

Fuente: Elaboración Propia.

La calle Longitudinal 5 carece en su totalidad de obras de alcantarillado pluvial, en sus 0.165 km de longitud.

Esta vía está asfaltada en el 50% de su totalidad, debido a las aguas lluvias no evacuadas la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables en el 20%, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular.

3.4.7. CALLE TRANSVERSAL 1.

Fig. 42: Calle Transversal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 43. Calle transversal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

La calle denominada Transversal 1 no dispone de obras de alcantarillado pluvial, en sus 1.443 km de longitud, Esta vía está asfaltada en el 20% de su totalidad,, los daños debido a las aguas de escorrentía son evidentes, la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables en un 30% de su recorrido, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular.

3.4.8. CALLE TRANSVERSAL 2.

Fig. 44: Calle Transversal 2.
Fuente: Elaboración Propia.

La calle denominada Transversal 2 no dispone de ninguna obra de alcantarillado pluvial, en sus 0.329 km de longitud, Esta vía está no posee ningún tipo de pavimento en la totalidad de su longitud, los daños debido a las aguas de escorrentía son evidentes, la superficie de rodadura presenta baches, hundimientos y ciertas deformaciones apreciables en un 50% de su recorrido, circulación restringida durante ciertos períodos de año especialmente en la época invernal, por lo que se considera que se encuentra en estado regular

.

3.4.9. RESUMEN DE DAÑOS PROVOCADOS EN LA VÍA POR EFECTOS DE UN DEFICIENTE DRENAJE DE AGUAS DE ESCORRENTÍA.

Tabla 20: Resumen Daños en Vías.

VÍA	LONGITUD (km)	OBRAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	PORCENTAJE DE DETERIORO (%)
Riobamba-Chambo	1.176	SI	5%
Longitudinal 1	0.680	NO	25%
Longitudinal 2	0.468	NO	25%
Longitudinal 3	0.636	NO	20%
Longitudinal 4	0.254	NO	40%
Longitudinal 5	0.165	NO	20%
Transversal 1	1.443	NO	30%
Transversal 2	0.329	NO	50%

Fuente: Elaboración Propia.

3.5. DIAGNÓSTICO DE SALUD Y SANEAMIENTO.

3.5.2 SITUACIÓN DE SALUD INFANTIL.

Del número global de pobladores (875 habitantes), el 75% de madres y el 60% de varones adultos tienen conocimientos en prevención y practican medidas en contra de las E.D.A. (Enfermedades Diarreicas Agudas).

Entre las principales medidas de prevención de E.D.A. que conocen y practican los pobladores tenemos:

- Lavarse las manos antes de alimentarse y después de ir al baño.
- Hervir o clorar el agua para preparar bebidas y alimentos.
- Guardar el agua para el consumo humano en recipientes limpios y cerrados.

Entre la población vulnerable (niños menores a 2 años de edad) las principales enfermedades son de tipo Respiratorio y E.D.A. Enfermedades Diarreicas Agudas, siendo estas últimas causadas y/o agravadas por la carencia o ineficiencia en la dotación de servicios básicos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, así como también por el desconocimiento de medidas de prevención.

Al no contar con un Subcentro de Salud en el sector, la población de la zona de expansión urbana La Inmaculada-El Troje acude en caso de presentarse enfermedades en el 40% de los casos al Hospital General Docente de Riobamba situado a aproximadamente a 4 km de distancia, y en un 60% al Centro de Salud N° 3 del Área Riobamba-Chambo, situado a 2.5 km de distancia, siendo este último el más cercano, al que mayor número de personas acude y el único que se permitió proporcionarnos información acerca de casos de E.D.A.

Mediante solicitud dirigida a la Dra. Lola Banderas, Directora del Área Riobamba-Chambo, se consiguió reunir información acerca de Enfermedades de Vigilancia Epidemiológica, entre las que se destacan las E.D.A., clasificadas en

los documentos llamados EPIS (Ver Archivos Adjuntos), siendo el dato anual más reciente el del año 2011, estableciéndose también que aproximadamente el 20% del total de casos que se presentan corresponden al Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

A continuación detallamos los casos de E.D.A. en los grupos de población vulnerable menor a 1 año y entre 1 y 4 años que se trataron en el año 2011 en el Centro de Salud N° 3 de Riobamba:

Tabla 21: E.D.A Casos Tratados de Enfermedades.

E.D.A. TOTAL CASOS TRATADOS EN EL CENTRO DE SALUD N° 3 AÑO 2011.		
ENFERMEDADES	**GRUPOS DE EDAD**	
	MENORES A 1 AÑO	**DE 1 A 4 AÑOS**
E.D.A.	643	1607

Fuente: Centro De Salud N° 3 Área Riobamba-Chambo Año 2011-2012.

Siendo el número de casos provenientes de la zona La Inmaculada-El Troje de aproximadamente el 20% del total tendríamos las siguientes cifras de E.D.A. para el 2011:

Tabla 22: E.D.A Casos Tratados de Enfermedades.

E.D.A. CASOS TRATADOS EN EL CENTRO DE SALUD N° 3 AÑO 2011 PROVENIENTES DE LA ZONA LA INMACULADA-EL TROJE		
ENFERMEDADES	**GRUPOS DE EDAD**	
	MENORES A 1 AÑO	**DE 1 A 4 AÑOS**
E.D.A.	193	482

Fuente: Centro De Salud N° 3 Área Riobamba-Chambo Año 2011-2012.

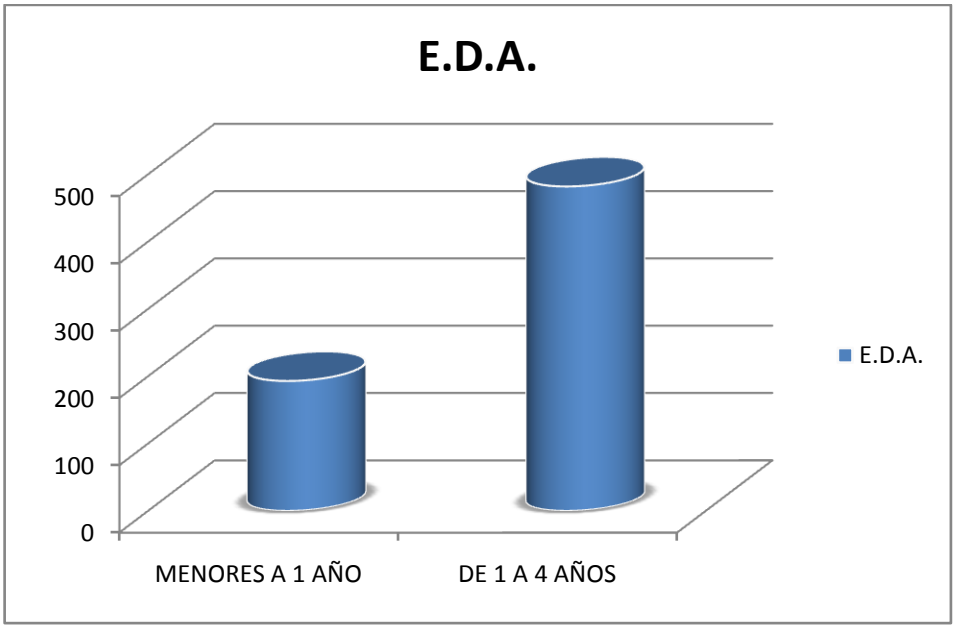


Fig. 45: E.D.A Casos Tratados de Enfermedades.
Fuente: Centro De Salud N° 3 Área Riobamba-Chambo Año 2011-2012.

Según las encuestas de Línea Base, la población vulnerable (niños menores a 2 años de edad) es del 17% del total, es decir existen 149 niños menores a 2 años de edad, de los cuales el 24% (36 niños) habían sufrido de E.D.A. hasta la fecha de las encuestas.

CAPÍTULO IV.

6. DISCUSIÓN.

4.1. SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE.

De los resultados del diagnóstico de los 2 sistemas de distribución de agua potable, que actualmente se encuentran en operación en la zona de estudio, se estableció la correspondiente problemática relativa al deficiente servicio:

6.1.1 PERÍODO DE VIDA ÚTIL DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Según normas y especificaciones (FUENTE: Normas S.S.A. página 58 Tabla V.2 Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.) los sistemas de agua potable se diseñan para un mínimo de 15 años y máximo de 25 años de vida útil por lo que según la edad que tiene, el sistema de distribución de agua potable de la EP-EMAPAR es obsoleto (40 años) tanto en infraestructura y servicio, mientras que el sistema de distribución correspondiente a la Junta de Agua Potable de La Inmaculada encuentra cerca de cumplir su periodo de vida útil (17 años).

6.1.2 ARÉA DE INFLUENCIA URBANA.

Considerando que el sector La Inmaculada-El Troje es un área de expansión urbana de la ciudad de Riobamba, considerado como zona de influencia dentro de los estudios de los Planes Maestros, exige una demanda en la construcción de un sistema que abastezca con servicio de agua potable a la población en los próximos 20 años, debido a que la creciente población del cantón ocupará esos territorios en los próximos años.

6.1.3 CONCEPCIÓN Y CONSTRUCCIÓN ANTITÉCNICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

Las redes de distribución fueron concebidas de manera anti técnica sin tomar en cuenta requerimientos de las normas de diseño de agua potable, según el código CPE INEN 5 PARTE 9.2:1997: la conducción y distribución a flujo libre o forzado debe estar protegida contra contaminación y vandalismo, lo cual no se cumple en lo más mínimo, en todo el recorrido de la red.

6.1.4 DEFICIENCIA DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

La carencia del servicio de agua potable y en el caso de quienes reciben el servicio, los horarios irregulares de abastecimiento generan problemas a los usuarios, especialmente en lo que corresponde a alimentación y aseo, estando esas actividades diarias estrechamente relacionadas a la salud de los habitantes, especialmente de la población vulnerable (Enfermedades Diarreicas Agudas, Enfermedades de Origen Hídrico), como pudimos comprobar en nuestra investigación de línea base, una de las metas de la O.M.S. es el acceso al agua potable segura de 60 millones de personas que sufren la carencia este servicio en América Latina.

6.1.5 PÉRDIDAS POR FUGA EN LOS SITEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

Observando y evaluando las redes de distribución pertenecientes tanto a la EP-EMAPAR como también a la Junta de Agua Potable La Inmaculada, determinamos que se producen perdidas por fuga, en consecuencia los caudal es registrado en los tres sitios de aforo difieren entre sí, debido a los daños causados en las mangueras de polietileno de 1/2” y 2” que se encuentran a la intemperie, respecto a esto, las Normas SSA en su artículo 4.2.1.2. Señalan: “El agua debe ser provista en la cantidad determinada y a una presión satisfactoria”.

6.1.6 CALIDAD DEL AGUA POTABLE DISTRIBUIDA POR LAS REDES EXISTENTES.

Respecto a los resultados obtenidos de los Análisis Químico-Bacteriológicos de las muestras de agua potable de los sistemas de distribución de la EP-EMAPAR y de la Junta de Agua Potable de La Inmaculada se observa que según las normas TULAS ANEXO VI. TABLA 1, SSA Tabla IV.9, NTE INEN 1108:2011-5.1.1, y EPA 1997. HI98.303 :

a. El agua distribuida por esta red cumple con los límites permisibles de: Turbiedad, Color, Conductividad, Alcalinidad, Cloruros, Coliformes Fecales, Coliformes Totales.
b. El parámetro Ph cumple con el límite permisible, y se encuentra fuera del límite recomendable.
c. El parámetro Sólidos Totales cumple con el límite permisible, y se encuentra fuera del límite recomendable.

En consecuencia el agua distribuida por las 2 redes cumple los parámetros mínimos establecidos por la normativa y es considerada apta para el consumo humano.

6.1.7 CONTAMINACIÓN DE LOS CAUCES NATURALES DE AGUA (RÍOS CHAMBO Y CHIBUNGA) POR DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES SIN PREVIO TRATAMIENTO.

La descarga directa de las aguas servidas de los Emisarios Nuevo y Antiguo de la ciudad de Riobamba, así como también las descargas clandestinas del sector la Inmaculada-El Troje, sin tratamiento previo, en la corriente del Río Chambo, genera impactos ambientales como contaminación de este cuerpo de agua dulce y de los suelos cercanos, respecto a los resultados obtenidos de los Análisis Químico-Bacteriológicos de las muestras de agua residual, basados en a los parámetros establecidos por las normas TULAS ANEXO VI. TABLA 12 y SSA Tabla IV.9:

a. El agua residual cumple con los límites permisibles de: Sólidos Totales.

b. El agua residual no satisface las exigencias respecto a: Ph, Color, DBO_5, DQO, Sólidos Suspendidos, Coliformes Totales.

5.1.9. DEFICIENCIA DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Las limitaciones de acceso al servicio de alcantarillado sanitario se encuentra directamente relacionado con la formación de focos infecciosos en la zona, los habitantes al no poder eliminar sus aguas residuales mediante la red de alcantarillado, se ven obligados a descargarlas en acequias, canales, terrenos y en el mejor de los casos en pozos sépticos, situaciones que afectan directamente a la salud de los habitantes, especialmente de la población vulnerable (Enfermedades Diarreicas Agudas, Enfermedades de Origen Hídrico), como pudimos comprobar en nuestra investigación de línea base, una de las metas de la O.M.S. es el acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas de 175 millones de personas que sufren la carencia este servicio en América Latina.

5.1.10. DETERIORO EN LAS VÍAS A CAUSA DE UN DEFICIENTE DRENAJE (ALCANTARILLADO PLUVIAL).

El principal factor que desencadena daños en las vías, resulta en este caso un deficiente drenaje, a causa de una ausencia total de obras de alcantarillado pluvial, especialmente, en esta zona donde aún no se han definido ejes viales y la mayor parte son caminos vecinales que en invierno presentan serios daños a causa de las lluvias, haciendo difícil el normal tránsito de vehículos y personas.

CAPÍTULO V.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- Los sistemas de distribución de agua potable pertenecientes a la EP-EMAPAR y a la Junta de Agua Potable de La Inmaculada han cumplido su período de vida útil, además su cobertura no abastece a la totalidad de la población del área de expansión urbana sector La Inmaculada-El Troje, siendo esta la principal causa de enfermedades de origen hídrico en los habitantes especialmente en los grupos vulnerables.

- Los sistemas de distribución de agua potable pertenecientes a la EP-EMAPAR y a la Junta de Agua Potable de La Inmaculada fueron construidos de manera antitécnica por lo que las mangueras de polietileno, principales componentes del sistema se encuentran expuestas a la intemperie, contaminación y vandalismo, y a la vez se presentan pérdidas por fuga.

- Los problemas de acceso a los sistemas de alcantarillado sanitario, son otra de las causas para el origen de focos infecciosos que afectan a la salud de la población del área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje.

- La descarga directa de aguas residuales de la ciudad de Riobamba en general y específicamente del área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje contribuye en gran medida a la contaminación de los cauces de los ríos Chambo y Chibunga.

- El deterioro de las vías de acceso al área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje, se debe principalmente a la inexistencia de obras de alcantarillado pluvial para la evacuación de aguas de escorrentía en la mayor parte de su red vial, a excepción de la carretera Riobamba-Chambo, que cuenta con un sistema de cunetas laterales.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se deberían realizar estudios específicos en la zona para el mejoramiento de los servicios de Agua Potable, Saneamiento y Alcantarillado Pluvial para el área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.
- Considera a la dotación de servicios de agua potable y saneamiento como una de las metas a cumplir en la zona, en consecuencia esto ayudará a la disminución del índice de enfermedades de origen hídrico que afectan a los habitantes en especial a la población vulnerable.
- El tratamiento de aguas residuales resulta imprescindible en la actualidad para su descarga en los cauces naturales, de esta forma se cumplirían con las leyes ambientales que buscan la conservación del medio y en especial del líquido vital.
- La construcción de un sistema de alcantarillado pluvial para el desfogue de aguas lluvias resulta estrictamente necesario para la conservación de la red vial del sector
- Este estudio generará antecedentes para investigaciones de igual magnitud en áreas de expansión urbana, las cuales actualmente no existen porque los proyectos se han establecido en base a la totalidad de la urbe y no a pequeñas extensiones.

CAPÍTULO VI.

6. PROPUESTA

6.1 TITULO DE LA PROPUESTA

"Diseño de la Red de Distribución de Agua Potable, Sistema de Alcantarillado Sanitario, Sistema de Alcantarillado Pluvial (Cunetas), y Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de Expansión Urbana Sector La Inmaculada-El Troje de la Ciudad de Riobamba".

6.4 INTRODUCCIÓN

Mediante la propuesta de las alternativas para la solución de los problemas referentes a la carencia o deficiencia en los servicios de Agua Potable, Saneamiento, Alcantarillado Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales se pretende intervenir en la zona denominada Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje en un periodo de tiempo inferior al establecido en los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba, el sector geográfico en estudio está contemplado como un Área de Influencia Urbana, por lo que dentro de la planificación establecida en los Planes Maestros antes mencionados, recién se dará atención a estos asentamientos a partir de la Segunda Etapa es decir en el período 2025-2040, y considerando que dentro de esta investigación se comprobó que esto tiene directa incidencia en las enfermedades de origen hídrico que afectan de sobremanera a la población vulnerable (niños menores de 5 años), y con los problemas de contaminación ambiental y daños en las vías del sector, se requiere que todas estas dificultades sean urgentemente mitigadas y/o remediadas.
Los Estudios de los Planes Maestros se llevaron a cabo tomando en cuenta la totalidad de la extensión y población de la ciudad de Riobamba, por lo que esta investigación se enfoca en la búsqueda de soluciones factibles específicas para el área La Inmaculada-El Troje, y al no encontrase antecedentes investigativos referentes a la dotación de servicios básicos para medianas extensiones territoriales de influencia urbana, este estudio sembrará las bases para el

desarrollo de futuros proyectos vinculados directa o indirectamente con estas materias de estudio.

6.5 OBJETIVOS

6.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL.

- "Proponer soluciones técnicas factibles a los problemas que se originan por la deficiencia de los servicios de agua Potable, Alcantarillado Sanitario, Alcantarillado Pluvial, y Tratamiento de Aguas Residuales en la zona de expansión urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba".

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- "Establecer una solución a la problemática originada por la deficiencia del servicio de distribución de Agua Potable en el sector La Inmaculada-El Troje y proponer una alternativa técnica factible para la zona".

- "Establecer una solución a la problemática originada por la deficiencia de los servicios de Saneamiento en el sector La Inmaculada-El Troje y proponer una alternativa técnica factible para la zona".

- "Analizar y proponer una alternativa técnica factible para remediar y/o mitigar los problemas relacionados con el tratamiento de las Aguas Residuales provenientes del sector La Inmaculada-El Troje".

- "Analizar y proponer una alternativa técnica factible para corregir las dificultades generadas por la carencia de obras de Alcantarillado Pluvial en el sector La Inmaculada-El Troje".

- “Presentar este proyecto como una opción técnica para áreas de expansión urbana frente a la intervención que realizará el GADM de Riobamba en base a los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado”.

6.5 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

6.5.1 AGUA

El agua es un compuesto formado por dos elementos: hidrógeno y oxígeno. Cada molécula de agua está compuesta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Su fórmula química es H2O.

Indispensable para el mantenimiento de la vida, el agua es uno de los cuerpos químicos más esenciales de nuestro planeta.

En el aire, en la tierra o en las profundidades, el agua representa aproximadamente el 70% de la superficie de nuestro planeta. Salada en un 97% o helada en más del 2%, el hombre sólo dispone de una ínfima parte de esta agua: el agua de los lagos, ríos, cursos de agua y capas subterráneas.

Todos los organismos vivos sobre el planeta contienen agua: el cuerpo humano está compuesto por aproximadamente el 60 % de agua, un pez del 80 %, las plantas entre el 80 y 90%.

La cantidad de agua de nuestro planeta es siempre la misma, y sigue un ciclo global. Es esencial tanto para la producción de alimentos y el conjunto de los ecosistemas vivientes, como para el desarrollo humano; de allí el interés en proteger y preservar el ciclo del agua.

Se presenta en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Se convierte en sólido (hielo) a los cero grados centígrados y se vuelve gas a los 100 grados. En pequeña cantidad, y libre de impurezas, no tiene color. Sólo en grandes cantidades, y vista a la distancia, puede tomar una tonalidad azulada o verdosa.

En su forma natural (ríos, lagos, mares) el agua puede contener impurezas, sustancias contaminantes, bacterias, color turbio, mal olor y desagradable sabor.

Para que pueda ser consumida por los seres humanos, debe ser transformada en agua potable.

El agua en estado natural es un recurso muy valioso. Sin embargo, no está lista para ser consumida por las personas. Por esto el agua de ríos, lagos y pozos en un producto básico para la vida humana es el agua potable.

El agua potable es un producto costoso que requiere un largo proceso industrial. Se necesitan muchas personas, dinero, energía, moderna tecnología y grandes instalaciones para producirla y llevarla a cada hogar.

6.4.1.1 El ciclo del agua

El ciclo natural, del agua se desarrolla en tres etapas:

1. Evaporación- Transpiración: Por acción del sol, el agua de los mares, lagos y ríos se evapora. Los vegetales y los seres vivos transpiran y emiten, ellos también, vapor de agua.
2. Condensación: el agua evaporada se eleva hacia el cielo y se condensa en forma de nubes formadas por miles de millones de pequeñas gotas de agua. El viento transporta a estas nubes.
3. Escorrentía - Infiltración: El agua vuelve a caer finalmente sobre la Tierra, en forma de lluvia, nieve, granizo o también llovizna o niebla. Entonces se escurre por el terreno, la vegetación la absorbe, penetra en las napas subterráneas y alimenta los cursos de agua, los lagos y los océanos.

El ciclo doméstico del agua se desarrolla en cinco etapas:

1. Bombeo: Se puede obtener de capas subterráneas, pero también se la puede bombear en los lagos, arroyos y ríos. El bombeo del agua se realiza en función de la demanda y velando siempre por la preservación de las reservas naturales. Las

zonas de captación están protegidas y vigiladas para limitar los riesgos de contaminación.

2. Tratamiento: El agua es tratada en plantas que utilizan procedimientos ecológicos. En procesos sucesivos, se la filtra, se la clarifica y se la desinfecta para que sea potable.

3. Almacenamiento: Una vez tratada, se la envía a distintos lugares de almacenamiento (tanques, depósitos). Se la despacha y se la distribuye por medio de grandes tuberías. Se vigila permanentemente su calidad.

4. Utilización – Recuperación: Una vez utilizada, el agua se recupera mediante un conjunto de canalizaciones y se la transporta hasta las estaciones de depuración.

5. Protección del Medio Ambiente: Las estaciones de depuración descontaminan el agua sucia para poder restituirla al medio natural. Luego, los lodos de depuración se tratan y valorizan en parte.[2]

6.4.1.2. Suministro y acceso

El suministro de agua potable al consumidor es un problema que ha preocupado al hombre desde la antigüedad. Ya en la Grecia clásica se construían acueductos y tuberías de presión para asegurar el suministro local.

En algunas zonas se construían y construyen cisternas o aljibes que recogen las aguas pluviales. Estos depósitos suelen ser subterráneos para que el agua se mantenga fresca y a salvo de la luz del sol.

En Europa se calcula con un gasto medio por habitante de 150 - 200 litros de agua potable al día aunque se consumen como bebida tan sólo 2 - 3 litros.

[2] Enciclopedia virtual Lyonnaise, 2006

En muchos países el agua potable es un bien cada vez más escaso y se teme que se pueden desenlazar conflictos bélicos por la posesión de las fuentes.

De acuerdo al Banco Mundial, 25% de la población mundial carece de un acceso directo a los servicios de agua potable. En otras fuentes se habla de mil millones de personas sin acceso al servicio, en tanto 2 mil y medio millones no cuentan con servicio de purificación. En los países desarrollados los niños consumen de 30 a 50 veces más agua que en los países llamados en vías de desarrollo.[3]

6.4.1.3. Fuentes de Agua

Existen dos tipos de fuentes de agua:

- Fuentes Superficiales, como los ríos, lagos y quebradas (son las más utilizadas).
- Fuentes Subterráneas, como los pozos y manantiales.

Generalmente, las aguas subterráneas están menos contaminadas que las aguas superficiales. Sin embargo, sacarlas a la superficie puede ser un proceso muy costoso.

6.4.1.4. Formas para conseguir agua potable

1. Aprovechar la humedad del aire (en forma de rocío por la mañana). La frescura y la humedad nocturna provocan la condensación del agua sobre las plantas. Gracias a un sistema de bolsas de plástico semi-enterradas por encima de un hoyo, es posible conseguir agua de condensación potable.

2. Aprovechar el agua de lluvia. En ciertas latitudes, un árbol apodado el "árbol del viajero" tiene sus hojas en forma de recipientes en los que se acumula el agua y en los cuales es posible beber.

[3] Enciclopedia virtual Wikipedia, 2006

3. Hervir el agua de los ríos o charcas con el fin de evitar la contaminación bacteriana. Este método no evita la presencia de productos tóxicos. Con el fin de evitar los depósitos y las partículas en suspensión, podemos tratar de decantar el agua dejándola reposar y recuperando el volumen más limpio, desechando el volumen más sucio (que se depositará al fondo y/o en la superficie).

4. El agua que se hierve y cuyo vapor puede recuperarse por condensación es un medio para conseguir agua pura (sin productos tóxicos, sin bacterias o virus, sin depósitos o partículas). En la práctica, fuera del laboratorio, el resultado no es seguro.

5. Es posible obtener agua segura mediante las pastillas potabilizadoras (que se pueden conseguir en organizaciones sanitarias). Esta técnica da los mismos resultados que una ebullición, y por ello, no suprime los productos tóxicos.

6.4.1.5. Recorrido del Agua.

Las empresas de agua son las encargadas de llevar a cabo el proceso de potabilización. En dicho proceso, el líquido vital hace un largo recorrido que está compuesto por diversas fases. Antes que nada, se necesita una fuente segura de agua. Luego, el líquido vital es almacenado en grandes represas o embalses. De allí, se envía a la planta de potabilización, donde es sometido a diversos tratamientos y controles. Cuando el agua se ha vuelto potable, se suministra a los pueblos y ciudades. Finalmente, el agua que consumimos en casa desemboca en una red de cloacas, y de esta manera, el ciclo recomienza una y otra vez. [4]

[4] Enciclopedia virtual Wikipedia, 2006

6.4.1.6. Usos del agua.

Las extracciones anuales de agua en el mundo se estiman en 4.000 – 5.000 km³, y los consumos entre 2.500 – 3.000 km³.

Las extracciones corresponden a la cantidad de agua tomada en el medio natural y re-enviada a su medio de origen; mientras que los consumos se refieren a la cantidad de agua extraída pero no restituida a la naturaleza una vez usada.

Estos datos difieren sustancialmente en función de las zonas geográficas, según la densidad de población y el modo de agricultura.
Por ejemplo, Asia es una de las regiones que más agua consume en el mundo (68%) a causa de su fuerte densidad de población y de la importancia de los cultivos de arroz.

Además el agua tiene otros usos como:

a) El agua para consumo doméstico

El uso doméstico, que representa el 10% del consumo mundial de agua, varía sensiblemente en función del nivel y del modo de vida de los países. En algunos países, el promedio de consumo doméstico oscila en alrededor de los 180 litros por habitante y por día. En algunas ciudades de los Estados Unidos, el promedio de consumo puede alcanzar hasta más de 400 litros, mientras que en muchas ciudades de África, este promedio es inferior a los 30 litros.

b) El agua para la industria

El agua para uso industrial representa cerca del 20% del consumo de agua en el mundo. Depende del nivel de industrialización del país, pero también de los sectores.

Los sectores industriales que más agua consumen son: el sector agroalimentario, la industria del papel (hacen falta 300 litros de agua para fabricar 1 kg de papel), los sectores químico, petroquímico, etc.

c) El agua para la agricultura

La agricultura es la primera actividad humana consumidora de agua, y representa cerca del 70% del consumo mundial de agua. Este consumo varía según los países ya que depende en particular del clima, del tipo de cultivos, de las técnicas de irrigación, de la cantidad de cosechas.

d) El agua para la electricidad

La producción de electricidad necesita grandes cantidades de agua para garantizar la seguridad y la productividad de las centrales térmicas y nucleares. Varía en función de las elecciones energéticas de los países (energía nuclear, hidroelectricidad, etc.) pero, generalmente esta agua es restituida a su medio de origen. En Europa occidental, cerca de la mitad de agua extraída se utiliza para la producción de electricidad. [5]

6.4.1.7. Almacenamiento del agua

En tiempo de lluvia, el agua es abundante y a veces los ríos se desbordan y provocan inundaciones. En cambio, en tiempo de sequía, el agua es escasa y la gente sufre sed y grandes limitaciones. Para evitar estas situaciones, se construye grandes embalses y represas en donde se almacenan inmensas cantidades de líquido. Así, durante la temporada seca, la población puede usar el agua almacenada en la temporada de lluvia.

[5] Enciclopedia Virtual Wikipedia

6.4.1.8. Potabilización del agua

a) Cloración

El agua almacenada en la represa o embalse es enviada a la planta de potabilización. La primera etapa del proceso de potabilización es la cloración. Consiste en la aplicación de cloro, en forma de gas, al agua. El cloro elimina las bacterias dañinas, algas y otras sustancias indeseables.

b) Aireación

Después de la cloración, muchísimas bacterias y algas han muerto. Sus cuerpos microscópicos empiezan a descomponerse. Esto origina mal sabor y mal olor. Entonces, viene la segunda etapa del proceso de potabilización, la aireación. El líquido pasa a una piscina muy curiosa. En ella, el agua es elevada en chorritos como los que vemos en las fuentes de las plazas. Cuando el agua se mezcla con el aire, se elimina buena parte de los sabores y olores ofensivos, pues el aire oxida la materia orgánica descompuesta.

c) Coagulación

El tercer paso en el proceso de potabilización es la coagulación. Se agrega al agua una sustancia llamada sulfato de aluminio. El sulfato de aluminio tiene la propiedad de formar coágulos viscosos. Estos coágulos reciben el nombre de floc y son como unos pequeños imanes que atraen y atrapan a las sustancias indeseables presentes en el agua.

d) Sedimentación

Posteriormente, el agua pasa a la piscina de sedimentación. Es el cuarto paso de la potabilización. En la piscina, el líquido reposará durante algunas horas. Cada impureza presente en el agua ha sido atrapada por un floculador. Gracias al peso

de los floculadores, las impurezas, bacterias o algas se precipitan al fondo de la piscina.

Allí forman una capa de lodo. El lodo es eliminado a través de tubos especiales de descarga. De esta manera, ya casi tenemos agua potable. Pero todavía faltan algunos detalles.

e) Filtración

Ya quedan muy pocas impurezas en el agua. Pero nunca está de más un toque de perfeccionismo. Por eso, después de la piscina de sedimentación, el agua pasa por el filtro rápido de arena. Generalmente, el filtro rápido de arena está compuesto por una capa de arena gruesa y varias capas de grava. El filtro rápido de arena retiene las partículas que han sobrevivido a todo el tratamiento anterior.

f) El control final

El paso final del proceso de potabilización del agua es controlar el nivel de cloro presente en el líquido. Si el agua contiene exceso de cloro, se agrega bióxido de azufre para reducirlo. Si el nivel de cloro es insuficiente, se agrega un poco más.[6]

[6] Publicaciones Hidroven. 2006

6.4.2. AGUA POTABLE

"Es el agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o substancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales, y debe cumplir con requisitos y normas"[7].

Después de potabilizada, el agua es distribuida a pueblos y ciudades a través de grandes tuberías, las cuales tienen muchos kilómetros de longitud. Generalmente, se usan tuberías de hierro fundido. A veces, se utilizan tuberías de PVC, acero y concreto reforzado.

6.4.2.1. Distribución por gravedad, o por bombeo

En algunos casos, cuando la fuente de agua está por encima de un poblado, el líquido es transportado gracias a la fuerza de gravedad. Pero, generalmente, el agua es enviada a los hogares a través de poderosas bombas eléctricas. Se necesita mucha energía eléctrica para bombear el agua potable las 24 horas del día, por lo que el gasto de electricidad de un acueducto es bastante grande.[8]

6.4.2.2. Red de Distribución

La red de distribución de agua está constituida por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el líquido hasta la toma domiciliaria o el hidrante público, a los usuarios (domésticos, públicos, industriales, comerciales) la red deberá proporcionarles el servicio las 24 horas de cada uno de los 365 días del año, en las cantidades adecuadas y con una presión satisfactoria.

Ahora bien, el diseño de una red de distribución incluye la determinación de los diámetros de las tuberías, las dimensiones y el emplazamiento de los tanques de regularización y almacenamiento, las características y la ubicación de los

[7] Normas SSA. ex IEOS. CO 10.17-601. pg. 35
[8] Publicaciones Hidroven. 2006

dispositivos de bombeo y control de presión. Estos deben seleccionarse de forma que se garanticen las demandas de agua con las presiones mínimas y máximas permisibles, asegurando así que no deterioren la operación de la red. Se considera que su diseño es óptimo cuando se asegura el costo de construcción, operación y mantenimiento de la red. Además de contemplar el costo de tuberías, tanques, bombas, debe considerarse el de la energía eléctrica para su operación.

6.4.3 ALCANTARILLADO

Se denomina *alcantarillado o red de alcantarillado* (del árabe *al - qantara*, el acueducto) al sistema de estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan.

Se invierten mucho tiempo y energía para llevar agua a nuestra casa. Lo curioso es que en unos pocos minutos o segundos el agua deja de ser potable. Pensemos que en 10 minutos de ducha, se puede gastar hasta 100 litros de agua. ¿Y dónde va a parar ese líquido? A una inmensa red de cloacas que comunica a los edificios y viviendas de la ciudad llamado alcantarillado

Todavía existen en funcionamiento redes de alcantarillado mixto, es decir, que juntan las aguas negras y las aguas de lluvia (sistemas unitarios). Sin embargo, este tipo de alcantarillado ha dejado de usarse y actualmente se construyen casi exclusivamente alcantarillados separados para aguas servidas y aguas pluviales (sistemas separativos), aunque básicamente la decisión depende de los gastos que pretenda afrontar la administración competente.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión. Normalmente son canales de sección circular, ovoidal o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas.

La red de alcantarillado es considerada un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera importantes problemas sanitarios.

Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba direccionada a construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado.

Actualmente las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones.[9]

Está conformado por una red de tuberías y registros o pozos de visita que, de acuerdo a su función, se dividen en subcolectores, captan el agua residual de una zona determinada (fraccionamiento, parque industrial, etc.) para enviarla a los colectores, los cuales son redes de mayor capacidad y a su vez la conducen a los emisores, para finalmente depositarla en las plantas de tratamiento.

6.6.3.1 Tipos de Alcantarillado.

a) Alcantarillado en régimen de condominio

Este sistema de alcantarillado considera a cada cuadra, manzana o bloque determinado de edificaciones como si se tratara de una sola construcción. Existe, por lo tanto, para cada uno de esos bloques una sola salida hacia el colector principal que pase cerca de ese sitio.

Las edificaciones de cada bloque conectan las salidas de sus desechos líquidos internamente, no por las calles que rodean al bloque. Las evacuaciones individuales se construyen a lo largo y ancho de propiedades privadas sucesivas con el permiso de cada uno de los dueños.

Este sistema comprende tres etapas: las conexiones privadas colectivas dentro del bloque, los colectores públicos principales y la unidad de tratamiento.

[9] Wikipedia Alcantarillado. 2006

El sistema completo en la ciudad o comunidad se compone de varios microsistemas, ubicados cada uno de ellos en agrupaciones de edificaciones independientes.

- *Características Sobresalientes.*

- Las conexiones dentro de una cuadra o bloque se construyen con tubería superficial de 100 mm (4") teniendo una pendiente mínima del 1%.

- De esta forma, una tubería de 100 mm (4"), acarreando agua con un tirante de 0,8 D y teniendo una pendiente del 1% puede evacuar 5,25 litros/segundo y prestar servicio a no menos de 100 personas.

- Dentro de los bloques, los registros se sustituyen por cajas superficiales de inspección.

- El éxito de este sistema depende de la actitud de los usuarios y la organización comunitaria que se promueva. Los usuarios deben estar conscientes del tránsito que existirá por sus lotes y de la responsabilidad por dar al sistema, internamente, el mantenimiento que corresponda.

- El organismo gubernamental o municipal a cargo, será el responsable de las labores de motivación y capacitación, adicionalmente a su responsabilidad por el diseño de todo el sistema, la construcción de los colectores públicos principales y de las unidades de tratamiento, y por mantener la buena operación de éstas últimas.

b) Alcantarillado de pequeño diámetro

Este modelo combina un sistema individual para el tratamiento de desechos líquidos como es la unidad tanque séptico, con un sistema de tuberías pequeñas que recogen efluente de aguas residuales ya sedimentadas (sin sólidos gruesos que

transportar), las que en esa condición no requieren de alcantarillas con una pendiente definida.

Este sistema se concibió con el propósito de resolver los problemas de pequeñas poblaciones en donde el suelo tenía poca capacidad de infiltración para recibir el efluente de tanques sépticos.

Es un modelo que se adapta mejor para pequeñas comunidades, zonas periféricas, poblados costeros, grupos aislados de casas y asentamientos rurales.

Con este sistema, teniendo una verdadera motivación y definición de la participación de la comunidad es posible dejar establecido que por lo menos un 50% de la depuración de las aguas de desecho que se recojan del grupo poblacional atendido se realiza, como una primera etapa de responsabilidad individual.

- *Características Sobresalientes.*

- Los tanques sépticos proporcionan sedimentación, retención de sólidos y digestión de lodos, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables.

- La pendiente de la tubería puede ser pequeña o incluso negativa. La salida para los efluentes en los tanques sépticos deberá estar siempre a una elevación por encima del gradiente hidráulico de la tubería.

- La organización de la comunidad en todo el proceso es indispensable. Los usuarios son los responsables de extraer los lodos de cada uno de sus tanques, por su cuenta o mediante contrato con empresas dedicadas a este servicio.

- Es posible colocar a la salida de los tanques dispositivos de seguridad, con el propósito de provocar un atascamiento (medida preventiva, para cuando

la remoción de lodos del tanque no es llevada a cabo a tiempo e impedir que grasas u otros sólidos viajen por las tuberías).

- Otras denominaciones para este sistema: "Alcantarillados de flujo decantado" o "Alcantarillados sin arrastre de sólidos".[10]

6.6.3.2 Componentes de una red de alcantarillado sanitario

Los componentes de una red de alcantarillado sanitario son:

- *Colectores terciarios:* Son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm de diámetro interno), que pueden estar colocados debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliares.

- *Colectores secundarios:* Son las tuberías que recogen las aguas de los terciarios y los conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, en las vías públicas.

- *Colectores principales:* Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.

- Pozos de inspección: Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.

- *Conexiones domiciliares:* Son pequeñas cámaras, de hormigón, ladrillo o plástico que conectan el alcantarillado privado, interior a la propiedad, con el público, en las vías.

- *Estaciones de bombeo*: Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para funcionar correctamente las tuberías deben tener una cierta pendiente,

[10] Guía Salud Ambiental. Alcantarillado. 2006

calculada para garantizar al agua una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados. En ciudades con topografía plana, los colectores pueden llegar a tener profundidades superiores a 4 - 6 m, lo que hace difícil y costosa su construcción y complicado su mantenimiento. En estos casos puede ser conveniente intercalar en la red estaciones de bombeo, que permiten elevar el agua servida a una cota próxima a la cota de la vía.

- *Líneas de impulsión:* Tubería en presión que se inicia en una estación de bombeo y se concluye en otro colector o en la estación de tratamiento.

- *Estación de tratamiento de las aguas servidas:* Existen varios tipos de estaciones de tratamiento, que por la calidad del agua a la salida de la misma se clasifican en: estaciones de tratamiento **primario**, **secundario** o **terciario**.

- *Disposición final de las aguas tratadas:* La disposición final del agua tratada puede ser:

- Llevada a un río o arroyo;

- Vertida al mar en proximidad de la costa;

- Vertida al mar mediante un emisario submarino, llevándola a varias centenas de metros de la costa;

- Reutilizada para riego y otros menesteres apropiados.

6.6.3.3 Componentes de una red de alcantarillado pluvial

Los componentes de una red de alcantarillado pluvial son:

- *Cunetas*: Las cunetas recogen y concentran las aguas pluviales de las vías y de los terrenos colindantes.

- *Bocas de tormenta (imbornales o tragantes):* Son estructuras verticales que permiten la entrada del agua de lluvia a los colectores, reteniendo parte importante del material sólido transportado.

- *Colectores secundarios:* Son las tuberías que recogen las aguas de lluvia desde las bocas de tormenta (imbornales o tragantes) y las conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, bajo las vías públicas.

- *Colectores principales:* Son tuberías de gran diámetro, conductos de sección rectangular o canales abiertos, situados generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.

- *Pozos de inspección (de registro):* Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.

- *Áreas de expansión:* Estas estructuras se utilizan raramente, en casos críticos, donde es necesario laminar las ondas de avenidas.

- *Disposición final de las aguas de lluvia:* Son estructuras destinadas a evitar la erosión en los puntos en que las aguas de lluvia recogidas se vierten en cauces naturales de ríos, arroyos o mares.[11]

[11] Wikipedia Alcantarillado. 2006

6.6.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

6.4.4.1. Introducción

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, los desechos que son producidos por la actividad humana. Estos desechos han ido siendo mucho mas grande y problemáticos a medida que ha transcurrido el tiempo.

El agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los desechos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

En la actualidad, las enfermedades cuyo origen proviene de las aguas residuales han tenido una gran acogida como uno de los principales problemas entre la población, en especial las de la zonas rurales, donde el poco conocimiento de los peligros que trae consigo arrojar un agua residual de origen doméstico sin tratamiento ha un cuerpo de agua los hace fácilmente vulnerables a cualquier brote de enfermedades de origen diarreicas, o por cualquier bacteria, parásito, protozoario, etc., que se encuentran en la aguas residuales, además del daño que le hacen al ecosistema del cuerpo de agua donde arrojan el agua residual, alterando la flora y fauna del cuerpo de agua .

Las unidades que se emplean para tratar las aguas residuales son muchas, hay de todo tipo, de toda clase y de todo costo. Por esa razón esta guía trata de brindar una ayuda con respecto al dimensionamiento de algunas unidades de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, donde el uso de tecnología muy avanzada, no es factible por diferentes motivos.

En la presente guía se desarrolla metodologías para poder dimensionar adecuadamente unidades de tratamiento, con sus diferentes parámetros, que para este caso son: Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Lagunas de Estabilización. A criterio de la persona responsable del proyecto se deja escoger el tipo de unidad que se va a utilizar en los distintos sitios; por esa razón, además se da las ventajas y desventajas de cada unidad y poder mostrar cual es lo más beneficioso para la localidad.

En ningún momento la guía va a ser absoluta, periódicamente debe ser sometido a revisiones para actualizarlo a las necesidades existentes en cada momento. En estas revisiones se incluirá las instrucciones necesarias para cualquier nuevo conocimiento que pudiera surgir, que traiga beneficios a la planta de tratamiento.

6.4.4.2. Diseño De Tanque Imhoff Y Lecho De Secado

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador.

El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación.

Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o áea de ventilación.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

6.4.4.3. Definiciones

- *Afluente:* Líquido que llega a una unidad o lugar determinado, por ejemplo el agua que llega a una laguna de estabilización.

- *Aguas servidas:* Todas las aguas de alcantarilla, ya sean de origen domésticos (aguas de las casas habitación, edificios comerciales, etc.) o industrial, una vez que han sido utilizadas por el hombre.

- *Cámara de digestión:* Unidad de los tanques Imhoff, donde se almacenan y digieren los lodos.

- *Cámara de sedimentación:* Unidad del tanque Imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.

- *Caudal:* Volumen de agua que pasa por un punto dado por unidad de tiempo. Se expresa normalmente en l/seg o m^3/seg.

- *Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.):* Cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la sustancia orgánica, en un tiempo y a una temperatura especificada. Depende enteramente de la disponibilidad de materia utilizable como alimento biológico y de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos durante la oxidación.

- *Deshidratación de lodos:* proceso de remoción del agua contenida en los lodos.

- *Eficiencia:* Relación entre la capacidad real y la teórica total de una unidad o equipo. Usualmente se expresa en %.

- *Efluente:* Líquido que sale de una unidad o lugar determinado, por ejemplo agua que sale de una laguna de estabilización.

- *Infiltración:* Efecto de penetración o infiltración del agua en el suelo.

- *Lecho de lodo:* Lugar donde se deshidratan los lodos estabilizados provenientes del tanque Imhoff.

- *Lodos:* Sólidos que se encuentran en el fondo del tanque Imhoff y que son evacuados a un lecho de secado.

- *Nata:* Sustancia espesa que se forma sobre el agua almacenada en el tanque Imhoff compuesto por residuos grasos y otro tipo de desechos orgánicos e inorgánicos flotantes.

- *pH:* Concentración de iones de hidrógeno.

- *Sólido Sedimentable:* Partícula presente en el agua residual, que tiene la propiedad de precipitar fácilmente.

6.4.4.4. Consideraciones a tener en cuenta

El ingeniero responsable del proyecto, deberá tener en claro las ventajas y desventajas que tiene al emplear el tanque imhoff para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de una población.

a) Ventajas

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.

- No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.

- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad[5].

- Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.

- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.

- Tiene un bajo costo de construcción y operación.

- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.

- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

b) Desventajas

- Son estructuras profundas (>6m).

- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vació.

- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.

- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

Conocidas las ventajas y desventajas del tanque Imhoff, quedará a criterio del ingeniero encargado del proyecto si es conveniente emplear esta unidad, en la localidad donde se desea tratar las aguas residuales de uso doméstico.

Cabe resaltar que esta alternativa resulta adecuada en caso no se cuente con grandes áreas de terreno para poder construir un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, como es el caso de las lagunas de estabilización, además de que el tanque Imhoff deberá estar instalado alejado de la población, debido a que produce malos olores.

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados.

Debido a esta baja remoción de la DBO y coliformes, lo que se recomendaría es enviar el efluente hacia una laguna facultativa para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.

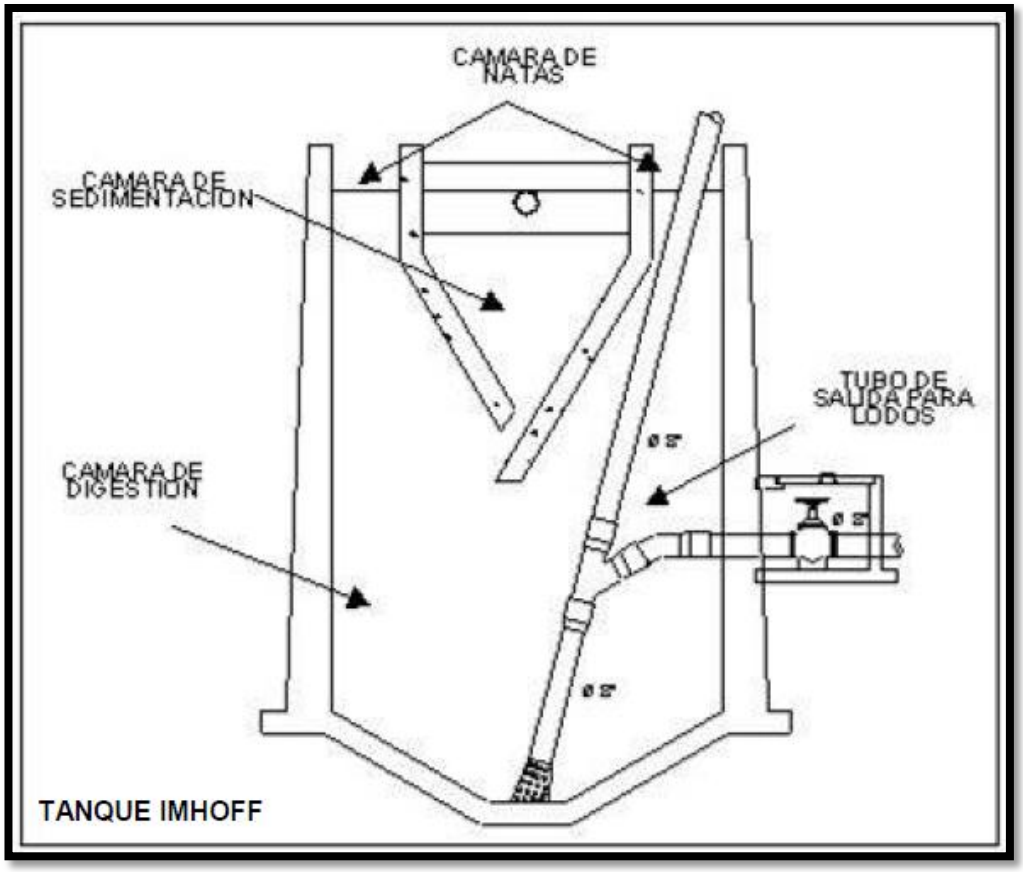


Fig. 46: Tanque Imhoff.

Fuente: O.M.S.

6.7 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Como solución a los problemas que afectan a la población del área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje, debido a la carencia o deficiencia en la dotación de servicios básicos tales como agua potable, alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y tratamiento de aguas servidas, en nuestra investigación se propondrán las siguientes alternativas técnicas:

- Diseño de la Red de Distribución de Agua Potable para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada –El Troje.
- Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada –El Troje.
- Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada –El Troje.
- Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada –El Troje.

6.5.1. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE.

Durante de la fase de diagnóstico de los sistemas de agua potable del Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje, se constató que tanto el sistema perteneciente a la EP-EMAPAR, como el que está regentado por la Junta de Agua Potable de La Inmaculada, presentan serios inconvenientes de carácter técnico, lo cual justifica plenamente la propuesta de mejoramiento del sistema de Agua Potable.

Según el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba, nuestra zona de estudio recibe la dotación de este servicio mediante: "MÉTODOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA UTILIZADOS POR LA POBLACIÓN NO CONECTADA A LA RED", y en conjunto con los sistemas de los sectores de Licán, ESPOCH, San Vicente de Yaruquíes, El Batán, UNACH, San Martín de Veranillo y San Luis, pasarán a formar parte del sistema administrado por la EP-EMAPAR en la segunda etapa del proyecto, es decir, luego del año 2025.

Específicamente, dentro del Plan Maestro, para el sector La Inmaculada-El Troje ha planificado la instalación de un nuevo sistema de tuberías y su conexión a la Red Pisín, con lo cual la infraestructura existente (Conducción, Planta de Tratamiento y Tanque de Abastecimiento) quedaría prácticamente abandonada.

Por lo expuesto anteriormente, planteamos como alternativa el diseño de un sistema de agua potable que cumpla todos los requisitos técnicos para su correcto funcionamiento y que además tome en cuenta las obras mencionadas anteriormente, es decir, un Diseño de la Red de Distribución de Agua Potable para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

6.5.1.1. Bases Y Parámetros De Diseño

En este numeral se describen en términos generales los principales factores que intervienen en el diseño de un sistema de agua potable, la forma en que estos han

sido establecidos y su incidencia en el cálculo hidráulico, ya que de estas determinaciones dependerá el normal funcionamiento del sistema.

Entre los factores considerados se puede anotar:

- Período de diseño
- Población de diseño
- Niveles de servicio
- Dotación
- Variaciones de consumo
- Caudales de diseño

6.5.1.2. Periodo De Diseño

Un sistema de agua potable, como toda obra de ingeniería, se proyecta dé manera que permita satisfacer las necesidades de la población en estudio, garantizando la rentabilidad de todas las obras del sistema durante el período de diseño escogido.

En la fijación del periodo de diseño para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser analizadas, a fin de obtener un proyecto técnico y económicamente factible de construir, operar y mantener. Para determinar el período de diseño del sistema de agua potable para el àrea de expansión urbana La Inmaculada-El Troje se han analizado los siguientes aspectos:

a) La durabilidad de las estructuras e instalaciones, lo cual dependerá de la calidad y características de los materiales y equipos empleados, la calidad y técnicas constructivas, las condiciones externas tales como: desgaste, corrosión, etc. a que estén sometidas.
b) La capacidad hidráulica para prestar los servicios durante la variabilidad de las condiciones previstas, lo cual dependerá de los factores socio - económicos que determinarán el crecimiento de la población y por lo tanto el aumento de la demanda, consecuentemente el cambio de necesidades y exigencias hacia el sistema.

c) Facilidad o dificultad para hacer ampliaciones o adecuaciones en las unidades existentes o nuevas.

d) Capacidad económica nacional y local y facilidad de financiación para la ejecución de las obras.

Para la fijación del período de diseño se considero, a más de los factores indicados, las normas vigentes en el país la cuales indican que un proyecto de agua potable debe tener un periodo mínimo de vida útil de 15 años.

Sobre la base de lo expuesto anteriormente, y por las condiciones socio – económicas de los sectores se plantea el proyecto en 25 años (hasta el año 2037) considerando los períodos de diseño de los diferentes componentes que a su vez toman en cuenta la vida útil de los materiales, con los que están construidos o fabricados.

El período de diseño establecido considera dos períodos completamente diferenciados y que son:

Período de Implementación.- Considerado como el tiempo en el cual se efectuarán los trámites de financiamiento y contratación de las obras previo, el proceso constructivo y la puesta en marcha del sistema, así como la capacitación al personal que laborará en las actividades de operación y mantenimiento del sistema, este lapso de tiempo ha sido establecido en 6 meses.

a) Período de Utilización del sistema.

Considerado como el tiempo en el cual las unidades se encontrarán en operación, funcionando a plena capacidad hidráulica – sanitaria - estructural y ambiental, de acuerdo a lo establecido en los diseños, este lapso de tiempo ha sido establecido en 25 años.

Se estima que el proyecto entrará en funcionamiento en el año 2014 una vez que se haya ejecutado la obra comprendida en el proyecto como es el sistema de distribución, y posteriormente conexiones domiciliarias, estas últimas de acuerdo al crecimiento y ordenamiento que con el tiempo irá teniendo el sector.

Tabla 23: Vida Útil en Años de los Elementos de un Sistema de Agua Potable.

ELEMENTO	AÑOS
• Obras de captación	De 25 a 50
• Diques grandes y túneles	De 50 a 100
• Pozos profundos	De 10 a 25
• Líneas de conducción en acero o hierro dúctil	De 40 a 50
• Líneas de conducción en asbesto cemento o PVC	De 20 a 30
• Plantas de tratamiento	De 30 a 40
• Tanques de almacenamiento o distribución	De 30 a 40
• Redes de distribución de acero o hierro dúctil	De 40 a 50
• Redes de distribución de asbesto cemento o PVC	De 20 a 25
• Otros materiales y equipos según especificaciones del fabricante	Variable

Fuente: Normas S. S. A.

6.5.1.3. Área De Servicio

El levantamiento topográfico establece que el proyecto abarca una superficie de 86.23 hectáreas, lo cual permite concluir que el crecimiento demográfico se realizará dentro de los actuales límites de estos sectores.

a) Delimitación del área de servicio.

AL NORTE: Con los barrios Los Laureles y Medio Mundo.
AL SUR: Con los Ríos Chambo y Chibunga.
AL ESTE: Con el Río Chambo.
AL OESTE: Con el barrio La Libertad.

El proyecto contempla una cota de servicio de 2769.685 m.s.n.m. en donde será construido el tanque de reserva. La vivienda que se encuentra en el lugar más alto con respecto al tanque de reserva tiene una cota de 2752.570 m.s.n.m. y la vivienda ubicada en la zona mas baja del proyecto tiene una cota de 2712.020 m.s.n.m.

6.5.1.4. Población De Diseño

Es el número de personas que van a utilizar el sistema al final del período de diseño, adicionando el tiempo que transcurra en, efectuar los estudios, diseño, consecución del crédito, licitación y ejecución de la obra. La información más confiable sobre la población del sector beneficiado por el proyecto dada en un tiempo designado se obtiene mediante una enumeración o un censo bien conducido. En vista de que no existen datos de población en los sectores beneficiados ha sido necesario efectuar un conteo de pobladores al momento y se ha determinado que existen 875 habitantes.

6.5.1.5. Cálculo De Población Futura

La población futura o de diseño es el número de habitantes que se espera tener al final del período de diseño, considerando aspectos económicos, sociales y geopolíticos. Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se toma en cuenta los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y los recuentos sanitarios.

Tabla 24: Evolución de la Población de la Provincia de Chimborazo.

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DEL CHIMBORAZO, CANTÓN RIOBAMBA Y CIUDAD DE RIOBAMBA Censos 1950 – 2001							
AÑO CENSAL	POBLACIÓN			TASA DE CRECIMIENTO ANUAL %			
	PROVINCIA CHIMBORAZO	CANTÓN RIOBAMBA	CIUDAD RIOBAMBA	PERÍODO	PROVINCIA	CANTÓN	CIUDAD
1950	218'130	84'876	29'830				
1962	283'383	119'345	41'625	1950-1962	2.19	2.85	2.78
1974	304'316	123'059	58'087	1962-1974	0.62	0.27	2.89
1982	334'100	151'623	75'455	1974-1982	1.10	2.46	3.09
1990	366'636	163'779	94'505	1982-1990	1.16	0.96	2.81
2001	403'632	193'315	124'807	1990-2001	0.87	1.51	2.53

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Tabla 25: Población de la Provincia de Chimborazo Censo 2010.

Cantones	Hombres	%	Mujeres	%	Total	Urbano	Rural	Viviendas**	Razón niños mujeres **	Analfabetismo	Edad promedio
Alausí	21.188	9,7%	22.901	9,6%	44.089	6.330	37.759	16.153	541,4	25,0%	28
Chambo	5.660	2,6%	6.225	2,6%	11.885	4.459	7.426	4.478	369,1	11,7%	29
Chunchi	6.062	2,8%	6.624	2,8%	12.686	3.784	8.902	5.163	462,2	21,7%	29
Colta	21.642	9,9%	23.329	9,8%	44.971	2.313	42.658	21.688	372,5	26,7%	32
Cumandá	6.343	2,9%	6.579	2,8%	12.922	8.626	4.296	4.522	455,3	8,8%	27
Guamote	22.179	10,1%	22.974	9,6%	45.153	2.648	42.505	14.555	569,1	20,1%	25
Guano	20.495	9,3%	22.356	9,3%	42.851	7.758	35.093	17.069	394,0	10,8%	29
Pallatanga	5.718	2,6%	5.826	2,4%	11.544	3.813	7.731	4.273	504,3	15,9%	29
Penipe	3.274	1,5%	3.465	1,4%	6.739	1.064	5.675	3.777	399,1	9,7%	36
Riobamba	106.840	48,7%	118.901	49,7%	225.741	146.324	79.417	79.842	320,2	8,3%	30
Total	219.401	100%	239.180	100%	458.581	187.119	271.462	171.520			

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

El índice de crecimiento poblacional adoptado para nuestros cálculos será de 2.53% ya que consideramos a nuestra área de estudio como urbana.

Para el cálculo de la población futura se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos 3 métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, etc.) que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del proyectista. La población futura se escogerá finalmente tomando en consideración, aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyen en los movimientos demográficos.[12]

a) Método Aritmético

PF = Po + a (T1 – To) **.**

a = (P1 – Po) / (T1 – To)

Donde:

PF = población futura.

Po = Población actual

a = Taza de crecimiento aritmética

T1 = Fecha futura.

To = Fecha actual.

Se realizó un estudio sobre la población existente en estos sectores, en el INEC constatamos que no existen datos o que se hayan realizado de censos, en consecuencia los datos tomados en los sectores beneficiados por el proyecto han dado como resultado 1084 Hab.

Por este problema se optó tomar datos del crecimiento del cantón Riobamba los mismos que detallamos a continuación:

[12] Normas S. S. A. pag. 59

Tabla 26: Crecimiento Poblacional Riobamba 1990-2010

AÑO[13]	POBLACION
1990	163779
2001	193315
2010	225741

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

Ka = (225741-193315)/ (2010-2001)

Ka = 3603 Hab/año (Taza de crecimiento aritmético de Riobamba)

Con este dato de Ka encontramos la población actual de ciudad de Riobamba a la fecha actual y así relacionar este resultado con la población actual del proyecto.

PF (Riobamba 2012) = 225741 + 3603 (2012-2010) = **232 947 hab.**

b) Calculo De La Población Inicial

Po = 875 hab + 15% (escolar) **Población Escolar =** 12 niños.

Po = 875 + 0.15 (12)

Po = 893 hab.

[13] FUENTE: INEC

c) Prorrateo Del Crecimiento Poblacional

Riobamba:

$$Ka = \frac{225741 - 193315}{2010 - 2001} = 3603 hab./año$$

$$\frac{x}{893\ (\text{Habitantes Proyecto}_{2012})} = \frac{3603\ \ (\text{Tasa de crecimient o aritmética de Riobamba})}{225741\ \ (\text{Habitantes de Riobamba}_{2012})}$$

Sector del Proyecto:

$$x = \frac{893 * 3603}{225741} = 14.25 \cong 14\,\text{Hab./año}$$

Para el sector del Proyecto.

$PF_{(Proyecto\ 2032)}$ = Po + Ka (T1 – To)

$PF_{(Proyecto\ 2032)}$ = 893 + 14 (2032 – 2012)

$PF_{(Proyecto\ 2032)}$ = 1243 Hab.

d) Método De Crecimiento Compuesto

$PF = Po\ (1+t)^n$

Donde:

Po= 893 hab.

t = 2.53 % (Tasa de crecimiento anual)[14]

n = 25 años

[14] FUENTE: INEC, Tasa de crecimiento anual para la zona urbana de la ciudad de Riobamba.

PF (Proyecto 2032) = 893 * $(1+0.0253)^{25}$

PF (Proyecto 2032) = **1668 hab.**

Una vez calculada la población por los métodos señalados anteriormente, la población de diseño adoptada es de 1668 hab., tomando en cuenta la realidad socio – económica y de desarrollo del sector, también porque la población escogida es la mayor de las obtenidas en los métodos anteriormente descritos, cabe recalcar que la zona de estudio se la considerará como urbana.

6.5.1.6. Estudio De Oferta Y Demanda

a) Fuente De Agua Actual:

Tabla 27: Cuadro De Oferta Y Demanda

TANQUE DE RESERVA UBICADO EN LA INMACULADA CAPACIDAD 147 m^3	OFERTA l/s	DEMANDA l/s	DEFICIT l/s
	5.6	4.17	+2.22

Fuente: Elaboración Propia.

b) Agua Potable:

Oferta : 5.6 l/s

Demanda: 3.38 l/s

Dotación media actual = 150 l/hab/dia.

Por cada año de servicio se sumará 1 l/hab/día, lo cual nos da un total de 25 l/hab/dia, al culminar su periodo de diseño, y por lo tanto se tendrá una dotación media futura de 175l/hab/día.

Dotación media futura = 150 l/hab/dia.+25 l/hab/dia.

Dotación media futura = 175 l/hab/dia.

$$\frac{175 l/hab.dia * 1668 hab}{86400 s} = 3.38 l/s$$

c) Cálculo de déficit

Déficit /Superávit= Demanda - Oferta

Déficit /Superávit 3.38l/s– 5.6 l/s

Superávit =+1.43 l/s

Actualmente con la oferta y demanda se ha determinado un SUPERÁVIT de 1.43 lt/seg por lo cual es necesario la elaboración de un proyecto de agua potable que satisfaga la demanda en el futuro, ya que en la actualidad solo se cuenta 5.6 l/s que viene desde la vertiente de Titaycún y llega a un tanque con capacidad de 147 m^3 que se encuentra ubicado en el barrio La Inmaculada y satisface la demanda actual.

6.5.1.7. Dotación Recomendada

La Dotación recomendada para los barrios que se encuentran dentro de este proyecto de Agua Potable se tomó de las normas SSA para zonas urbanas adoptando la dotación media futura[15] con un valor de 150 (l/hab/día) de acuerdo al número de habitantes y al tipo de clima, justificando este valor de acuerdo a las encuestas que se realizaron sobre el cálculo de consumo de agua y a las costumbres y necesidades que tiene los pobladores de estos sectores.

[15] FUENTE: Normas S. S. A. Pág. 60 TABLA V.3

Tabla 28: Dotaciones Recomendadas.

Población Futura	Clima	Dotación media futura l/hab.dia
Hasta 5000 hab.	Frío	De 120 a 150
	Templado	De 130 a 160
	Cálido	De 170 a 200
De 5000 a 50000 hab.	Frío	De 180 a 200
	Templado	De 190 a 220
	Cálido	De 200 a 230
Más de 50000 hab.	Frío	Más de 200
	Templado	Más de 220
	Cálido	Más de 230

Fuente: Normas S. S. A.

6.5.1.8. Determinación De La Demanda

El procedimiento adoptado para la determinación de la demanda actual y futura de agua potable para estos sectores, se consideró en base al estudio socioeconómico, lo cual la mayoría de familias que estimaron el consumo mensual de agua en base a sus necesidades tiene un promedio de 120.00 l/hab/día.[16]

En tal virtud de acuerdo al cuadro de dotaciones recomendadas por las Normas SSA para zonas urbanas la dotación media futura que adoptaremos será de 150 (l/hab/día) ya que contamos con una población menor a 5000 habitantes y con un clima frío para nuestra zona, garantizando de esta manera una dotación suficiente de acuerdo al estudio "hábitos de consumo".

Dotación media actual = 150 l/hab/dia.

[16] FUENTE: ENCUESTA SOCIO ECONOMICA PARA LINEA DE BASE Y MONITOREO

6.5.1.9. Dotaciones De Agua

Se consideran tres tipos de dotación para nuevos servicios:

- Dotación Básica
- Dotación media actual
- Dotación media futura

a) Dotación básica (DB): es aquella necesaria para cubrir únicamente el consumo doméstico.

Se adopta 150 l/hab/día

b) Dotación media actual (DMA): es aquella que sirve para cubrir los consumos domésticos, comerciales e industriales actuales.

$$DMA = KMA * F * DB$$
$$DMA = 1.00 * 1.20 * 150$$
$$DMA = 180 l / hab / dia$$

Donde:

f Factor de fugas (1.15 inicio proyecto - 1.2 final proyecto)

KMA Factor que incluye la incidencia de todos los consumos en la actualidad

DMA Dotación media actual (l/hab*día)

c) Dotación media futura (DMF): es aquella que servirá para cubrir los consumos domésticos, industriales, y comerciales al final del período de diseño

$$DMF = KMF * F * DB$$
$$DMF = 1.20 * 1.20 * 150$$
$$DMF = 216 l / hab / dia$$

Donde:

f	Factor de fugas (1.25 al final del período de diseño)
KMA	Factor que incluye la incidencia de todos los consumos al final del período de diseño
DMF	Dotación media futura (l/hab*día)

6.5.1.10. Cálculo De Caudales

Con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de agua potable, es necesario calcular el caudal apropiado para satisfacer las necesidades de la población de diseño.

a) Caudal medio diario (Qmd)

Es el promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario.

$$Qmd = \frac{f(Pt * Dmf)}{86400}$$

Donde:

f	Factor de fugas (1.1 - 1.2)
Pt	Población al final del período de diseño
Dmf	Dotación media futura (l/hab*día)

$$Qmd = \frac{1.2 * (1668 hab * 216 lt/hab.dia)}{86400}$$

$$Qmd = 4.17 \ \ l/s$$

b) Caudal máximo diario (QMD)

$$QMD = Kmd * Qmd$$

Donde:

Kmd Coeficiente de variación del consumo máximo diario (1.3 - 1.5)

$$QMD = 1.3 * 4.17 l / seg$$

$$QMD = 5.42\, l / s$$

c) Caudal máximo horario (QMH)

$$QMH = Kmh * Qmd$$

Donde:

Kmd Coeficiente de variación del consumo máximo horario (2 – 2.3)

$$QMH = 2 * 4.17\ l / s$$
$$QMH = 8.34 l / s$$

6.5.2. DISTRIBUCIÓN

La función primaria de un sistema de distribución es proveer de agua a los usuarios que están tomados en cuenta en el estudio de agua potable para esta zona. Si las condiciones económicas del servicio y del suministro, son favorables se podrá dar un servicio continuo y de buena calidad., el agua debe ser provista en cantidad adecuada y con una presión satisfactoria para extinguir los posibles incendios.

Los caudales de diseño para redes de distribución serán el máximo diario al final del período de diseño más incendio, se comprobarán las presiones para el máximo horario al final del período de diseño[17].

Lo que a presión se refiere, se establece un mínimo de 10 m de columna de agua, en los puntos y condiciones más desfavorables de la red[18].

La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m de columna de agua y presión máxima dinámica 50 m[19].

En el caso de incendio las tuberías deberán estar diseñadas para soportar el caudal approximado de distribución más 10 l/s de acuerdo a lo que establecen las normas[20] en el caso de incendios.

Para el estudio de este proyecto se ha utilizado como herramienta de trabajo el SOFTWARE EPANET V 2.0.

[17] FUENTE: Normas S.S.A. Parte VII pág.257.
[18] FUENTE: Normas S.S.A. Parte VII pág.257.
[19] FUENTE: Normas S.S.A. Parte VII pág.257.
[20] FUENTE: Normas S.S.A. Parte V pág.61.

6.5.2.1 EPANET V 2.0.

EPANET[21] es un programa de cálculo destinado a analizar el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución de agua a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamientos de embalses. EPANET efectúa el seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos.

EPANET proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluye mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución.

[21] FUENTE: Manual del Usuario EPANET V 2.0

RED PRINCIPAL

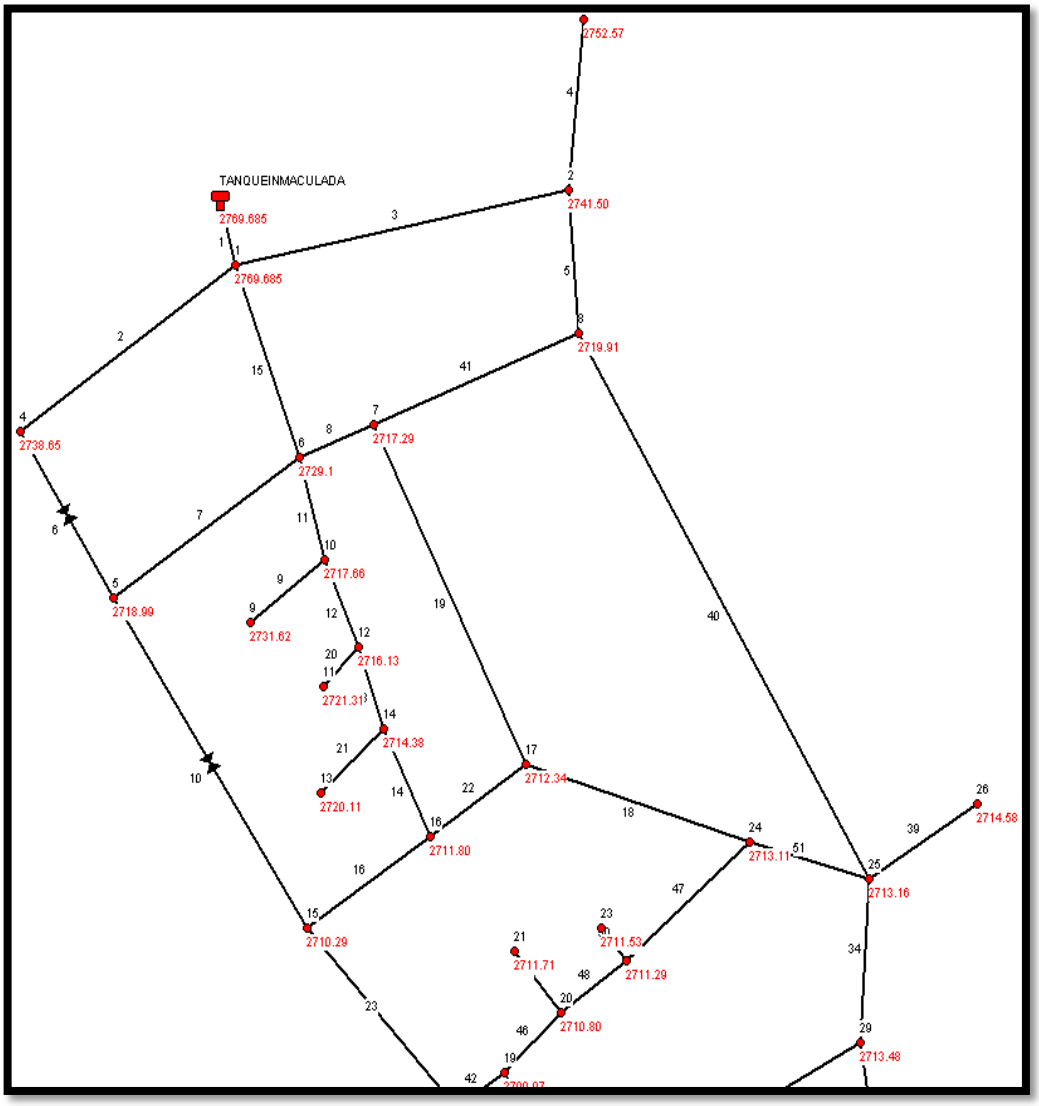


Fig. 47: Esquema de la Red – Cotas.

Fuente: EPANET V 2.0

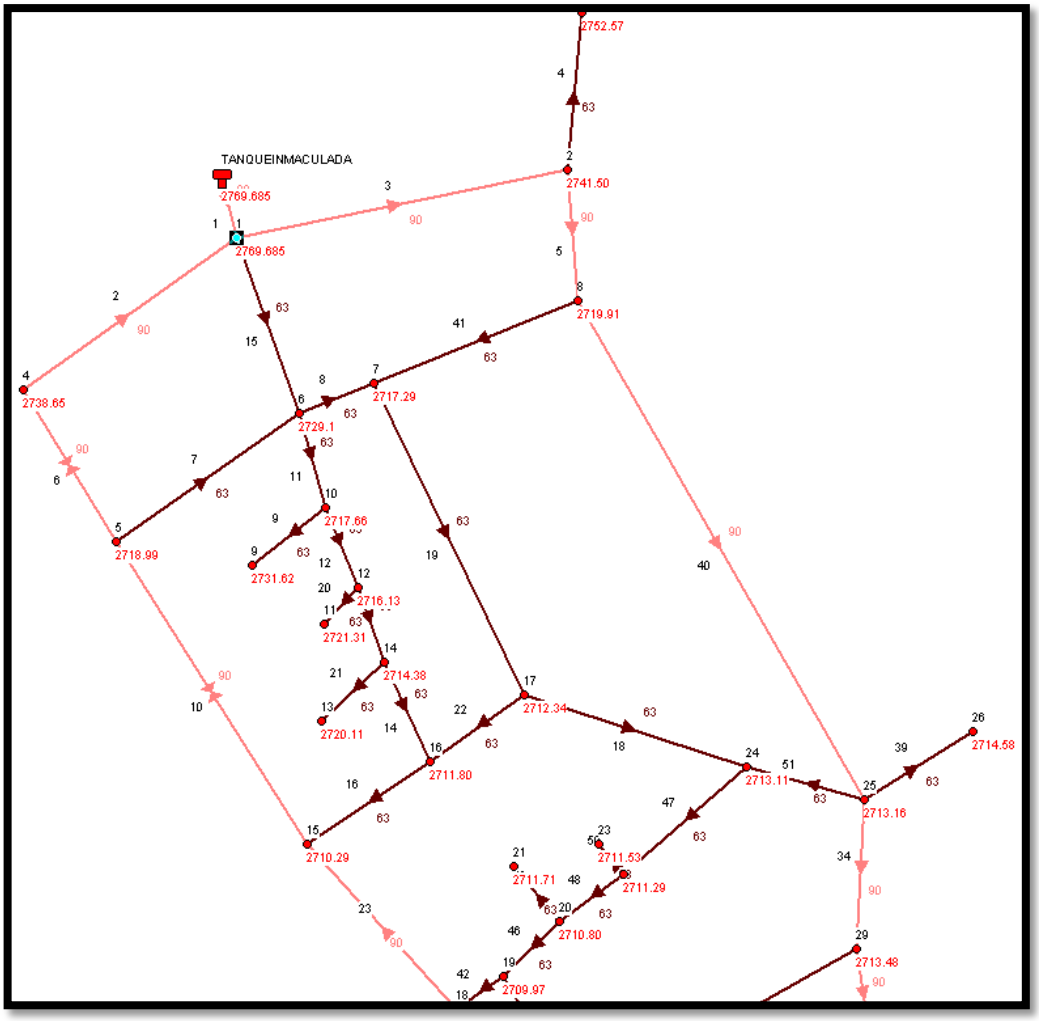


Fig. 48: Esquema de la Red – Diámetros de las Tuberías.

Fuente: EPANET V 2.0

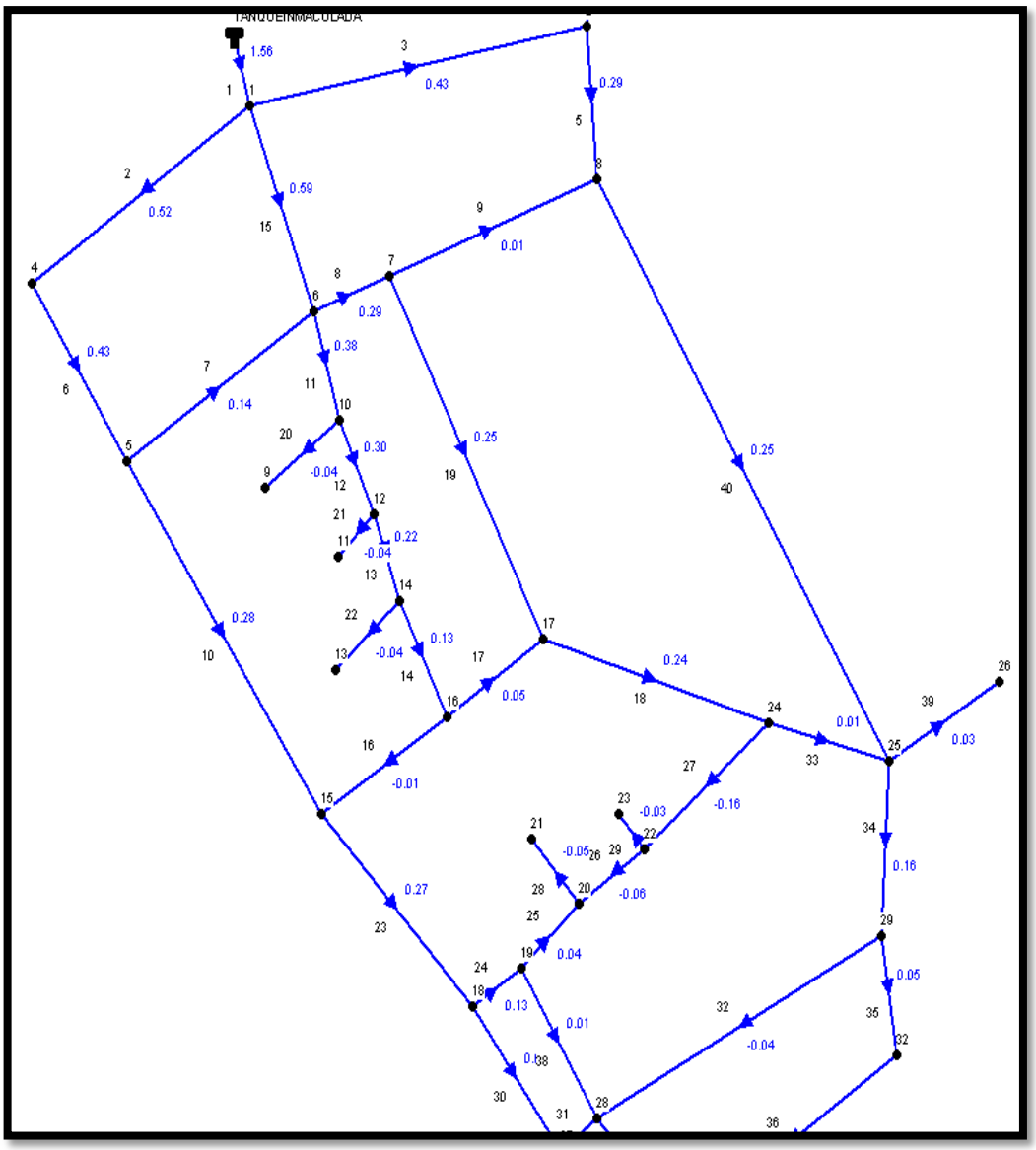


Fig. 49: Esquema de la Red – Caudales.

Fuente: EPANET V 2.0

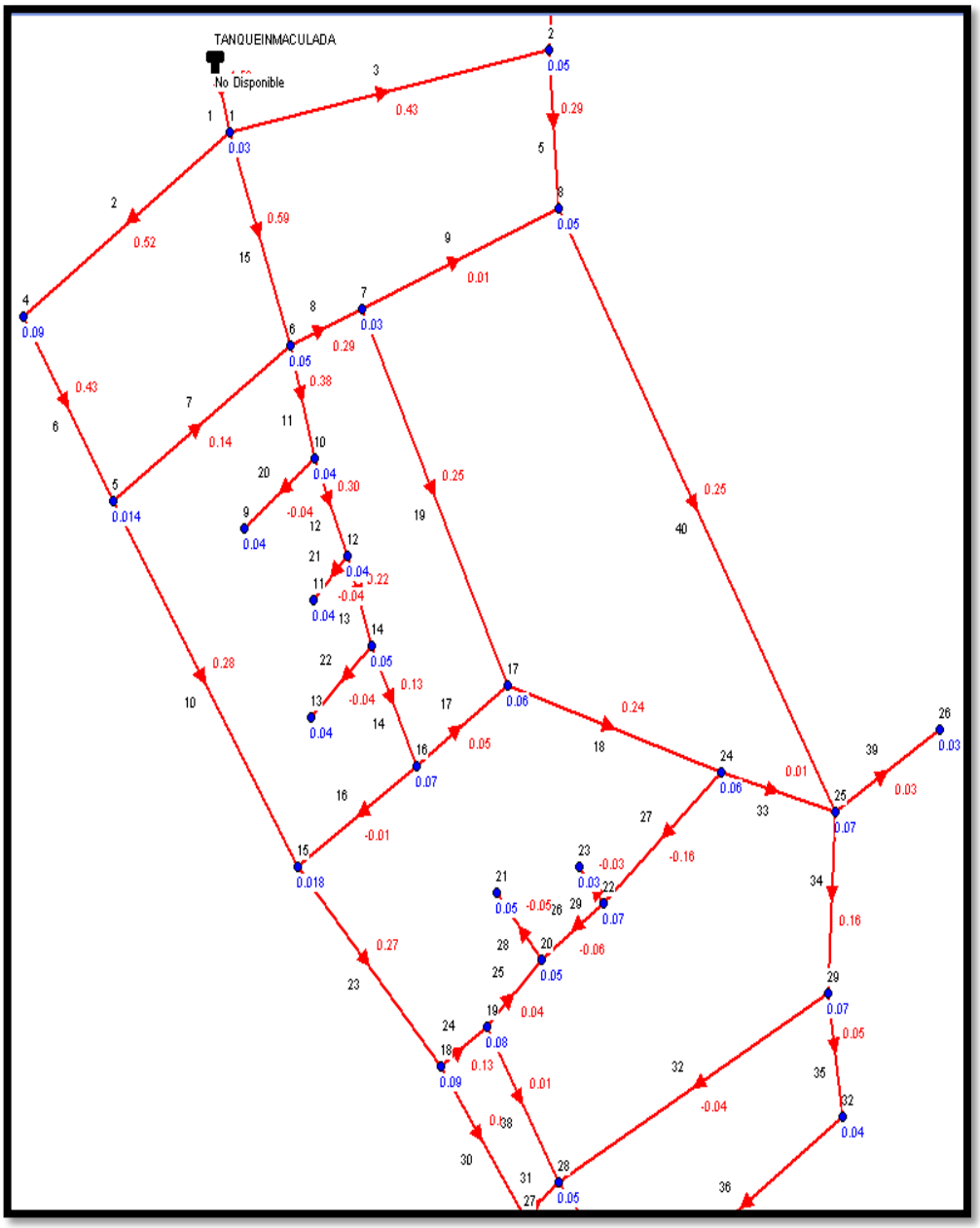


Fig. 50: Esquema de la Red – Demanda.

Fuente: EPANET V 2.0

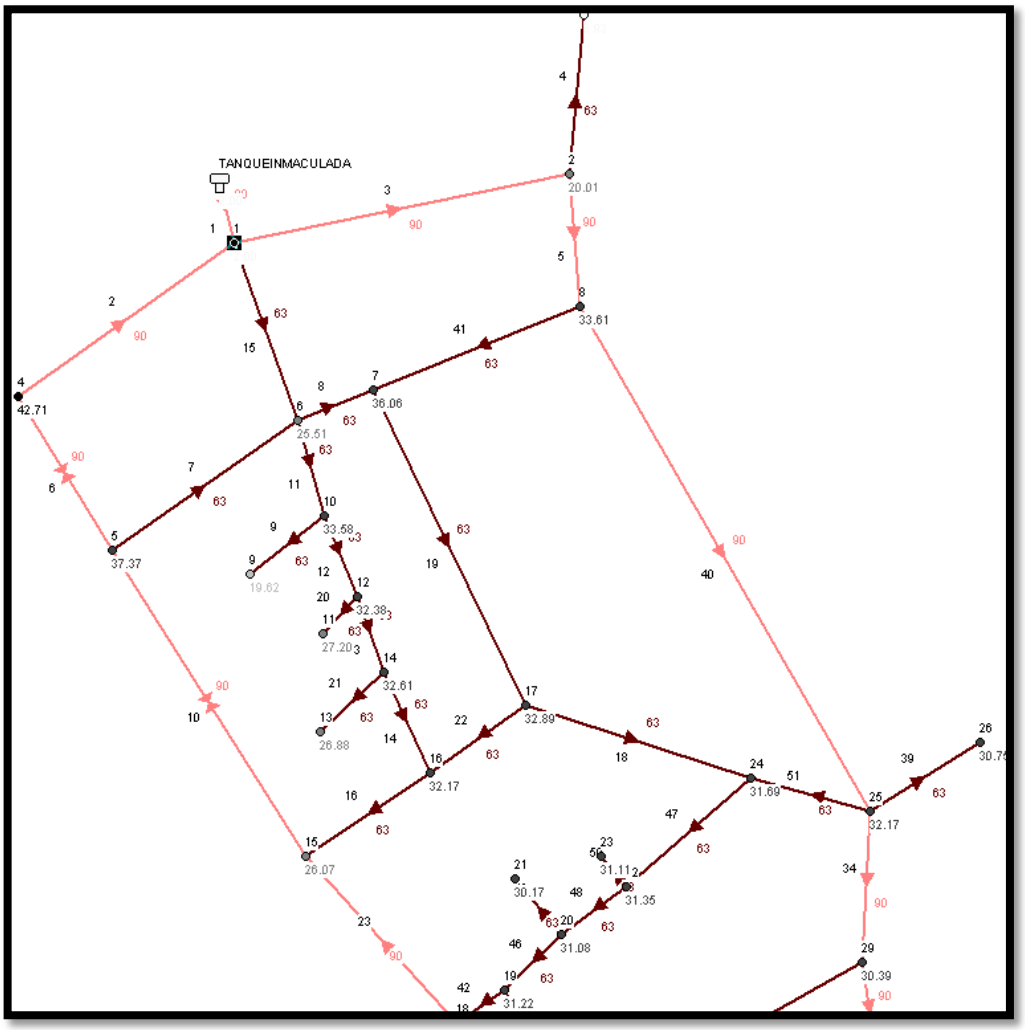


Fig. 51: Esquema de la Red – Presiones en los Nudos.

Fuente: EPANET V 2.0

6.5.3. PROPUESTA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE.

6.5.3.1. Selección Del Tipo De Alcantarillado.

Siguiendo las recomendaciones de las normas SSA, actualmente se adoptaría un sistema de alcantarillado de nivel 2, ya que el área de expansión urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba, cuenta con algún tipo de trazado de calles (aún cuando los ejes viales no se encuentran definidos para este sector), con tránsito vehicular, y con una mayor concentración de casas, por lo que se justifica la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias, pero tomando en consideración el crecimiento del área urbana de la ciudad de Riobamba, se escogerá un alcantarillado de nivel 3, debido a que en el futuro esta zona se desarrollará y los diámetros calculados caerán dentro del patrón de un alcantarillado convencional.

Figura 52: Trazado de Calles Sector La Inmaculada-El Troje.

Fuente: Elaboración Propia.

6.5.3.2. Periodo De Diseño.

Según las normas SSA, las obras componentes de los sistemas de alcantarillado se diseñarán para sus períodos óptimos de diseño, en este caso 20 años, según la opción técnica para alcantarillado sanitario convencional y nivel de complejidad medio alto.

Tabla 29. Período de Diseño.

Opción Técnica (Saneamiento)	Años
Alcantarillado sanitario convencional	***20***
Alcantarillado diámetro reducido	15
Alcantarillado Condominial	15
Saneamiento In Situ	5

Fuente: Normas SSA, Bases de Diseño.

6.5.3.3. Población Futura De Diseño

Según los datos arrojados por las encuestas para levantamiento de información de línea base para este proyecto, actualmente la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba, cuenta con una población actual de 875 habitantes.

Según los datos preliminares del Censo Poblacional, realizado por el Instituto Nacional de estadísticas y Censos INEC, en el año 2010, la provincia de Chimborazo tiene una población actual de 452352 habitantes, y una Taza de Crecimiento Anual de 9.44%, pero los datos por cantón aún no han sido publicados hasta Mayo de 2011, por lo que nos vemos avocados a utilizar las cifras del Censo Poblacional de 2001 los cuales se muestran a continuación:

Tabla 30: Tasa de Crecimiento poblacional Cantón Riobamba.

CHIMBORAZO: POBLACIÓN POR SEXO, TASAS DE CRECIMIENTO E ÍNDICE DE MASCULINIDAD, SEGÚN CANTONES. CENSO 2001								
CANTONES	**P O B L A C I Ó N**						**IM**	**Cantón /Prov.**
	TOTAL	**TCA %**	**HOMBRES**	**%**	**MUJERES**	**%**	**(H/M)* 100**	**%**
TOTAL PROVINCIA	**403 632**	**1.0**	**190 667**	**47.2**	**212 965**	**52.8**	**89.5**	**100.0**
RIOBAMBA	193 315	1.5	90 519	46.8	102 796	53.2	88.1	47.9
ALAUSÍ	42 823	0.8	20 200	47.2	22 623	52.8	89.3	10.6
COLTA	44 701	-0.6	21 004	47.0	23 697	53.0	88.6	11.1
CHAMBO	10 541	1.0	5 002	47.5	5 539	52.5	90.3	2.6
CHUNCHI	12 474	-0.7	5 885	47.2	6 589	52.8	89.3	3.1
GUAMOTE	35 210	2.1	16 890	48.0	18 320	52.0	92.2	8.7
GUANO	37 888	0.2	17 952	47.4	19 936	52.6	90.0	9.4
PALLATANGA	10 800	1.2	5 298	49.1	5 502	50.9	96.3	2.7
PENIPE	6 485	-0.8	3 226	49.7	3 259	50.3	99.0	1.6
CUMANDÁ **	9 395	2.6	4 691	49.9	4 704	50.1	99.7	2.3

TCA = Tasa de Crecimiento anual del período 1990 – 2001

IM = Indice de Masculinidad

H = Hombres

M = Mujeres

Cantón Riobamba = 47,9 % de la población de la provincia.

**** Cantón creado en el período intercensal**

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

La fórmula de crecimiento geométrico para el cálculo de población futura es:

Pf = Pa * (1 + r)^n

Donde: **Pf =** Población futura

$Pa_{(2012)}$ = Población actual, 875 habitantes (Año 2012).

n = Año proyectado, 20 (Año 2032)

r = índice de crecimiento poblacional (1.5% para Riobamba)

$$Pf_{(2032)} = 875*(1+0.015)^{20} = 1179 hab.$$

Para posteriores cálculos se utilizará la población futura calculada de 1179 habitantes, para este proyecto.

6.5.3.4. Densidades Poblacionales.

Posteriormente al cálculo de la población futura, determinamos la densidad bruta futura.

$$\boldsymbol{Densidad\ Bruta\ Futura} = \frac{\boldsymbol{Población\ Futura}}{\boldsymbol{Área\ de\ Servicio}}$$

$$\boldsymbol{Densidad\ Bruta\ Futura} = \frac{1179\ hab.}{86.23\ Ha.}$$

$$\boldsymbol{Densidad\ Bruta\ Futura} = 13.672\,\frac{hab.}{Ha.}$$

Tabla 31: Cuadro de Densidades Poblacionales.

	POBLACION	***AREA DE SERVICIO***	***DENSIDAD BRUTA***
ACTUAL (2012):	**875 hab.**	**86.23 Has.**	**10.147 hab./Ha**
FUTURA(2032):	**1179 hab.**	**86.23 Has.**	**13.672 hab./Ha**

Fuente: Elaboración Propia.

6.5.3.5 Áreas De Aportación

Se conoce como áreas de aportación al conjunto de superficies provenientes de la división del área original del terreno a ser estudiado. Dichas divisiones se ejecutan bajo el criterio de distribuir los caudales sanitarios y pluviales equitativamente a cada tramo de tubería.

Para el trazado de las áreas de aportación se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Si la zona es relativamente plana y con manzanas sensiblemente cuadradas, la superficie de drenaje, para cada tubería, se obtiene trazando diagonales entre pozos de revisión.
- Si la zona es relativamente plana y con manzanas sensiblemente rectangulares, se divide el rectángulo en dos mitades por los lados menores y luego se trazan rectas inclinadas a 45° desde las esquinas, teniendo como base los lados menores, para formar triángulos y trapecios como áreas de drenaje.
- Si la topografía es irregular, se deberá realizar un análisis detallado de las zonas en las cuales el procedimiento de división antes indicado no es aplicable, debiendo recurrirse a las curvas de nivel para la determinación de las áreas de drenaje.

Por no existir un plan de desarrollo urbano en el área de expansión urbana La Inmaculada – El Troje de la ciudad de Riobamba, se zonificará su área de expansión hasta el final del horizonte de diseño.

6.5.3.6. Caudales De Diseño

Un sistema de alcantarillado sanitario esta constituido para su diseño por el caudal de aguas residuales, más el caudal de infiltración, más el proveniente de fugas:

$$Q_{\text{diseño sant.}} = Q_{\text{aguas servidas}} + Q_{\text{conexiones erradas}} + Q_{\text{infiltración}}$$

6.5.3.7. Caudal De Aguas Servidas

Es la cantidad de agua de uso domestico, cabe indicar que la dotación de caudal de agua potable para esta localidad se ha tomado de la tabla V.3 de las Normas SSA, Dotaciones Recomendadas:

Tabla 32: Dotaciones Recomendadas.

POBLACION (habitantes)	**CLIMA**	**DOTACION MEDIA FUTURA (l/hab/día)**
Hasta 5 000	Frío Templado Cálido	120-150 130-160 170-200
De 5 000 a 50 000	Frío Templado Cálido	180-200 190-220 200-230
Más de 50 000	Frío Templado Cálido	>200 >220 >230

Fuente: Normas SSA.

Entonces, el caudal adoptado de acuerdo a los datos y realidad del sector es de:

DMF = 150 l/hab/día

El caudal de aguas servidas para la población en estudio será entre el 70 % y 80 % del consumo medio diario de agua potable, para nuestro caso adoptamos el 80 % del consumo medio diario debido a las actividades, el clima, y las condiciones de vida de los pobladores.

6.5.3.8. Factor De Mayoración Del Caudal De Aguas Servidas

La relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario se denomina "Coeficiente de Punta o factor de mayoración".

El coeficiente de mayoración es un factor que nos permite determinar las variaciones máximas y mínimas que tiene el caudal de aguas servidas en relación con las variaciones de agua potable.

Los factores de mayoración se calculan empleando la ecuación de Babbit; con un valor máximo de 4.

$$M = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Donde **p=** población de diseño en miles.

6.5.3.9. Caudal Por Conexiones Erradas

El caudal por conexiones erradas se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Qe = \frac{Dot * Pf}{86\,400}}$$

Donde:

Qe = Caudal por conexiones erradas (l/s)

Pf =Población final

Dot=Dotación promedio aprox 50-60 % DMF (l/hab/día)

6.5.3.10. Caudal De Infiltración

El caudal de infiltración será determinado considerando los siguientes aspectos:

- La altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección.
- Material de la tubería y tipo de unión.

En este caso tomaremos el valor de los Coeficientes de diseño del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba:

Qi = 0,05 l/s/Ha [1]

Qi = 0.05 l/s/Ha. * 86.23 Ha

Qi = 4.31 l/s

6.5.3.11. Coeficiente De Retorno (C)

Según los Estudios de los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba, se considera un coeficiente de retorno del 80%[1].

22

$$\boldsymbol{C = 80\%^{1}}$$

6.5.3.12. Caudales De Aporte Doméstico

Los caudales de aporte que concurren a las redes de alcantarillado sanitario, serán determinados para el inicio y fin del período de diseño, utilizando las siguientes ecuaciones:

a) Caudal Medio Diario (Qm)

$$Qmd = C\frac{Pf\ D}{86400}$$ **Qmd** = 1.53 l/s

Donde:

Qmd = Caudal medio diario (l/s)

C = Coeficiente de retorno

Pf = Población

D = Dotación (l/hab/día)

[1-2]INFORME DE DISEÑOS DEFINITIVOS DE LOS PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA (2008).

b) *Caudal Máximo (Qmax)*

$Q\max = F\ Qmd$ **Qmax =** 6.12 l/s

Donde:

Qmax = Caudal máximo Horario (l/s)

F = Factor de Mayoración

c) *Caudal de Diseño (Qd)*

$Qd = Q\max + Qi + Qe$ **Qd=** 11.52 l/s

Donde:

Qd = Caudal de diseño (l/s)

Qmax = Caudal máximo horario

Qi = Caudal por infiltración

Qe = Caudal por conexiones erradas

6.5.3.13. Diseño De La Red De Alcantarillado

La red de colectores se ha dividido en varios circuitos, de acuerdo a la topografía de las calles tratando en lo posible de seguir la pendiente natural del terreno para evitar sobre excavaciones. Una parte de la red recolectará las aguas servidas y las conducirá a la zona de tratamiento.

6.5.3.14. Diámetro Mínimo

El diámetro mínimo utilizado en este proyecto será 200 mm para los colectores secundarios, para los colectores principales se han utilizado un diámetros de 300 mm y 400 mm, aunque hidráulicamente es factible un diámetro menor, pero por razones de mantenimiento y limpieza no se ha considerado estas condiciones.

6.5.3.15. Velocidades

La velocidad máxima y mínima en secciones circulares, para tubería de PVC, según las Normas SSA y el CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 serán las siguientes:

Velocidades máximas:	4.5 m/s
Velocidades mínimas:	0.60 m/s a sección llena
	0.45 m/s a sección parcialmente llena.

6.5.3.16. Pendiente

Las pendientes se determinan de una manera tal que la velocidad del escurrimiento no sea menor que las admisibles, de manera general siguen las pendientes naturales del terreno y se proyectan como conductos sin presión, calculándose tramo por tramo, en nuestro caso será 4‰.

6.5.3.17. Profundidad Mínima

Se tomó una profundidad mínima de 1.20 m sobre la clave de la tubería, pues garantiza la seguridad ante el tráfico vehicular.

6.5.3.18. Obras Complementarias (Pozos de revisión)

Vienen a constituir los pozos de revisión, los mismos que se proyectaran, en toda Intersección de tuberías o colectores, en el comienzo de toda tubería o colector, en todo cambio de sección o de pendiente, en todo cambio de dirección, en tramos rectos en distancias no mayores a 100 m entre diámetros de 200 mm a 350 mm, y distancias no mayores 150 m cuando se tengan diámetros de 400 mm a 800 mm, todo esto según las Normas SSA y el CPE INEN 5 Parte 9.2:1997.

6.5.3.19. Emisario

El emisario conducirá las aguas provenientes de la población, a la planta de tratamiento, el emisario se ha diseñado con tubería PVC, de diámetro de 400 mm.

6.5.3.20. Tratamiento

Para el presente estudio se ha decidido realizar un tratamiento primario, que consiste en el diseño de un tanque sedimentador y tanque Imhoff de hormigón y el tratamiento secundario que complementara el sistema con el diseño de un filtro anaeróbico, que estarán ubicados junto al Emisario Antiguo de Alcantarillado de Riobamba.

6.5.3.21. Conexiones Domiciliarias

El presente proyecto abarca el global de la red de Alcantarillado Sanitario para el Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje, pero no se ha previsto un número de conexiones domiciliarias, debido a que actualmente una gran extensión de la zona de estudio no se encuentra poblada, y no se tiene un trazado de ejes viales, por lo que el sistema se ha calculado para que su capacidad pueda servir de manera eficiente a la población futura del sector sin ningún inconveniente.

6.5.4 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

6.5.4.1. Composición De Aguas Residuales

La composición de aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido de sólidos, la demanda química de oxigeno (DBO_5), y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un panel de un filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a la vez en depositables y no depositables, dependiendo la cantidad en miligramos de sólidos que se depositan a partir de 1 litro de agua residual, en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica con los análisis DBO_5 y DQO. La DBO_5 es la cantidad de oxigeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 15 °C. De modo similar la DQO es la cantidad de oxigeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato de potasio es una solución acida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO_5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO_5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de las aguas residuales.

Tabla 33: Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público.

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Límite máximo permisible**
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO3	mg/l	0,1
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN-	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O5.	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0

Fuente: Normas de Descarga de Efluentes al Sistema de Alcantarillado Público.

Tabla 33: Cont.

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Límite máximo permisible**
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO4=	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	oC		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos órgano clorados (totales)	Concentración de órgano clorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de órgano fosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: Normas de Descarga de Efluentes al Sistema de Alcantarillado Público.

El DBO_5 actual en el punto de descarga del cuerpo receptor es de 360 mg/l
El DBO_5 admisible máximo tomado de la tabla anterior es de 250 mg/l
Donde:

$$DBO_{5\ (actual\ en\ el\ punto\ de\ descarga)} > DBO_{5\ (admisible\ maximo)}$$

$$360\ mg/l > 250\ mg/l$$

En este caso como el DBO_5 actual en el punto de descarga es mayor que el DBO_5 admisible máximo, se deberá construir una planta de tratamiento de aguas residuales para el sector "La Inmaculada- El Troje)".

6.5.4.2. La Autodepuración.

La autodepuración es un proceso natural de depuración de aguas que reciben cargas hídricas altamente poluidas o cargas polventes. Es la resultante de la secuencia de fenómenos físicos, químicos, y biológicos que se producen en la corriente hídrica en forma natural y espontanea.

6.5.4.3. El Fenómeno De La Autodepuración

El lanzamiento de desechos orgánicos biodegradables tales como aguas servidas domesticas, aguas residuales industriales, basura, etc., estimulan el crecimiento de bacterias, consecuentemente aumentan el consumo de oxigeno disuelto, la reposición de este oxigeno consumido se realiza a través de la absorción de oxigeno de la atmosfera y por la generación de los organismos fotosintéticos.
En cuerpos hídricos con apreciable turbulencia, la reposición del oxigeno se realiza relevantemente a través del fenómeno de absorción de la atmosfera.
El cuerpo hídricos de poca o ninguna turbulencia, la reposición del oxigeno se realiza preponderantemente por medio de los organismos fotosintéticos, claro está, que será necesario además la presencia de sales minerales (nutrientes), de anhídrido carbónico y penetración de la luz solar.
Un aumento de la concentración de la materia orgánica biodegradable, promueve un aumento en la tasa de consumo de oxigeno ya que se produce un aumento de la

población bacteriana, lo que puede acarrear a que en el cuerpo hídrico la tasa de consumo sea mayor que la tasa de reposición de oxigeno, ocasionando de esta manera la muerte de organismos aerobios e inutilizando el rio para muchos usos posteriores.

Para cada cuerpo receptor hay un límite de lanzamiento de manera orgánica biodegradable, por consiguiente es muy importante evaluar la capacidad de autodepuración de un cuerpo hídrico es decir, de evaluar la carga máxima que puede recibir el rio de tal manera de conservar ciertas características de calidad que permita el uso para otros fines y la no contaminación.

Una vez evaluada la capacidad de autodepuración de un rio se determina el grado de tratamiento de los desechos a ser emitidos hacia él.

Figura 53. Turbulencia en el rio Chambo
Fuente: Elaboración propia

Fig. 54: Turbulencia en el rio Chambo y sitio de descarga de aguas residuales

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.4 Factores Que Intervienen En La Autodepuración

Las aguas receptoras que han sido contaminadas logran mejorar su capacidad mediante un proceso de autodepuración natural bastante complejo y en el que interviene una serie de factores físicos, químicos y biológicos (México. Unda Opazo, Francisco. Ingenieria Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública México, 1986- Pag: 378).

Entre los factores que intervienen en el proceso de autodepuración debe destacar los siguientes:

a) Características propias del curso del cuerpo receptor

Tiene una incidencia fundamentalmente de pendiente y rugosidad del lecho, velocidad del escurrimiento, calidad del agua receptora (oxigeno disuelto, demanda bioquímica de oxigeno), aeración natural del curso y características y volumen de aguas negras vaciadas en el receptor.

b) Tiempo

Cuando mayor sea el tiempo de escurrimiento de la mezcla del agua receptora con las aguas negras, mayor oportunidad habrá para que intervengan los diferentes factores que concurren en el proceso de autodepuración.

c) Nutrición.

Uno de los factores fundamentales para la supervivencia y multiplicación de los gérmenes es la cantidad de alimentos o materia orgánica que estos dispongan, contribuyendo a su proliferación o a su muerte.

d) Temperatura

Una mayor temperatura favorece los procesos biológicos (siempre que no sea alta como para destruirlos) y por consiguiente el efecto varia con la cantidad de materia orgánica presente. Un aumento en la temperatura en el agua con bastante materia orgánica favorece el desarrollo de microorganismos; en cambio, si el contenido alimentario es escaso se agota rápidamente y tienden a desaparecer.

e) Luz

Los rayos ultravioletas tienen poder germicida. Sin embargo influyen otros factores, tales como:

- La capacidad de agua, que solo permite solo su acción a corta profundidad, e incluso en aguas claras es limitado.
- El movimiento del agua, lo que impide que los microorganismos estén un periodo suficientemente prolongado bajo la acción de los rayos solares como para matarlos.

Además de los ya mencionados existen otros factores que también influyen en el proceso de autodepuración, entre ellos: dilución y turbulencia, factores químicos tales como la presencia de nitritos, de sulfitos, de hierro, y factores biológicos como: oxidación biológica en ambiente aerobio, parasitismo, depredación, secreción de sustancias toxicas (floración en las algas), entre otras.

6.5.4.5. Parámetros De Referencia Para La Evaluación De La Autodepuración

Dependiendo de cada caso pueden tomarse varios parámetros de referencia según cuál sea el problema de la contaminación, por ejemplo: Oxigeno disuelto escaso, presencia de organismos patógenos, existencia de metales pesados o sustancias toxicas, etc.

En esta caso, se analizara el fenómeno de la autodepuración tomando como parámetros la referencia de concentración de oxigeno disuelto ya que contribuye uno de los principales parámetros para definir la calidad del cuerpo hídrico.

Para el análisis se utilizara el modelo de Streeter y Phelps (España. Melcalf $ Eddy, Ing. Tratamiento y depuración de aguas residuales, Barcelona, 1977- Pag: 723), por considerarlo bastante simple y de fácil manejo y que arroja resultados satisfactorios, sin embargo, es de anotar que actualmente se tiene modelos muchos más complejos pero así mismo se requiere para su manejo técnicas más sofisticadas.

A pesar de las limitaciones de las expresiones matemáticas al traducir fenómenos biológicos, siguen siendo validas para, principalmente, pronosticar lo que pueda ocurrir por el lanzamiento de una nueva carga o por el crecimiento de la ciudad.

6.5.4.6. Coeficientes Y Tasas Necesarias Para La Evaluación Del Balance De Oxigeno Disuelto

a) Coeficiente de desoxigenación (k_1)

Es una constante que expresa la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones aeróbicas y en función de la temperatura ambiente. Su determinación se efectúa incubando botellas de DBO durante varios periodos y determinando la velocidad de degradación por ajuste a su curva de primer orden.[23]

[23] Ecuador, Subsecretaria de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias I.E.O.S Proyecto del Código Ecuatoriano para el Diseño de Construcción de Obras Sanitarias, Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales en Áreas Urbanas Pág.: 290.

Este parámetro se usa para la transformación de valores de la DBO_5 a DBO última.

$$L_2 = L_1 * 10^{-k_1 * t}$$

b) Ecuación. Coeficiente de desoxigenación

Donde:

K_1= Coeficiente de desoxigenación

L_1= DBO_5 en la sección 1

L_2= DBO_5 en la sección 2

t= Tiempo de la sección 1 a la sección 2, en días

c) Coeficiente de re- aeración (k_2)

Una constante que expresa la tasa de transferencia de oxigeno del aire a la superficie de un cuerpo receptor (Ecuador, Subsecretaria de Saneamiento Ambiental y Obras sanitarias I.E.O.S Proyecto del código ecuatoriano para el diseño de construcción de obras sanitarias, abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en áreas urbanas Pag: 290).

$$k_{2(20°C)} = \frac{2.3 * V^{0.67}}{H^{1.85}}$$

d) Ecuación Coeficiente de re – aeración k2 según Owens, Edwards, Gilbbs

Donde:

V= Velocidad media del curso del agua (m/s)

H= Profundidad media del curso del agua (m)

La ecuación es válida para:

$0.30 < V < 1.5$ (m/s)

$0.12 < H < 3.3$ (m)

e) Balance de oxigeno según Streeter y Pherlps

El balance de oxigeno disuelto (OD) en un curso de agua cuando recibe una carga polucionada, sucintamente puede ser representado como sigue:

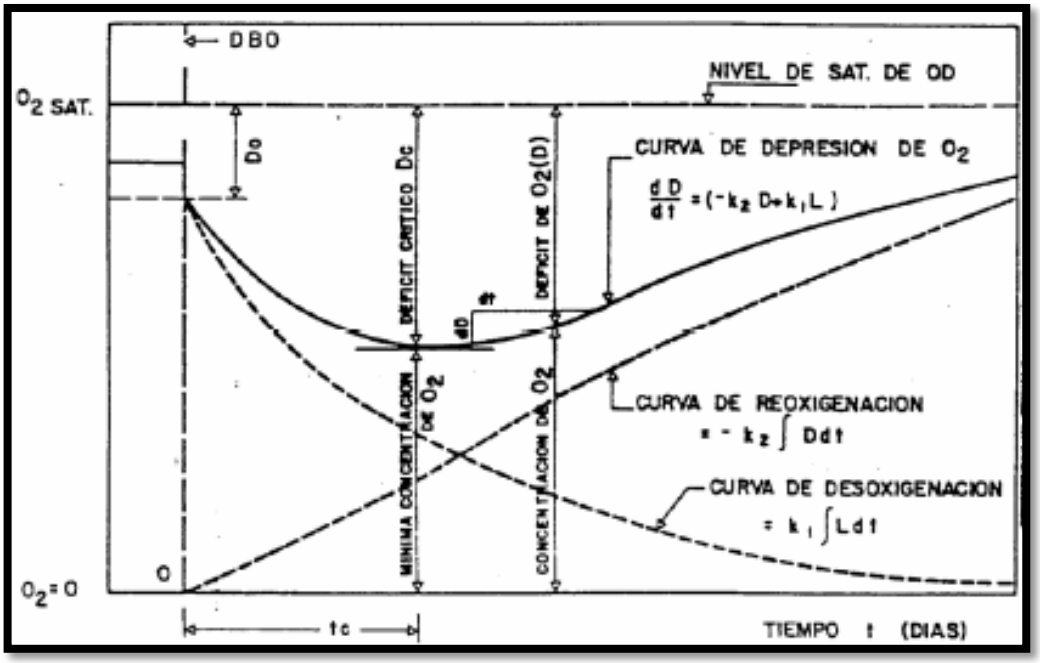


Fig.55: Diagrama Simplificado de la Curva de Depresión de oxigeno.
Fuente: México, Unda Opazo, Francisco: Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

Do= "Déficit" inicial de oxigeno disuelto, diferencia entre la concentración de saturación y la concentración de la mezcla.

O_2= oxigeno

Se considera a Lo, como la DBO inicial después de la mezcla

6.5.4.7. Datos De Importancia En Los Cálculos De Autodepuración

a) Datos del curso de agua

En el Rio Chambo se tiene:

- *Caudal:* son de particular interés los caudales mínimos del curso de agua en las secciones próximas al lanzamiento de los desechos. Este caudal mínimo puedes ser establecido como el caudal mínimo medio mensual con periodo de recurrencia de 10 años o el caudal mínimo medio observado durante 7 días consecutivos con determinado tiempo de recurrencia. Desde el punto de vista económico no se recomienda valores de caudales "mínimos minimorum". Para el caso de Rio Cambo el valor del caudal medio mínimo para 10 años es de 1371800 l/s. Se detalla a continuación

Tabla 34: Caudales Característicos, Cuerpo Receptor Rio Chambo.

Nivel medio				**1.30 m**
T (años)	**Q Max (m^3/s)**	**Nivel Max. (m)**	**Q min (m^3/s)**	**Nivel Min. (m)**
2	877.60	2.40	14.30	0.40
5	1174.90	2.80	15.50	0.40
10	1371.80	3.10	16.60	0.50
20	1560.60	3.40	18.10	0.60
50	1805.10	3.80	21.80	0.80
100	1988.20	4		

Fuente: Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba.

- *Velocidad y profundidad:* Los valores deben determinarse para épocas de estiaje. Para este caso, fue necesario varias campañas de campo.

- *Calidad de agua del río:* Cabe recalcar que el rio Chambo es un cuerpo receptor que recibe cargas continuas de aguas servidas en toda su

trayectoria por lo que se puede decir que dicho cuerpo receptor es un transportador de materia orgánica e inorgánica en altas cantidades, mientras que en lugares que no reciben desechos, el valor de la DBO está en torno de 1 mg/l y el OD es prácticamente el de saturación.

- *Temperatura***:** se toma la temperatura de los cursos de agua en época de estiaje. En este caso el valor adoptado es de 20°C.

b) Datos de aguas servidas.

- *Caudal:* se debe establecer el caudal de los desechos a ser lanzados al rio en la época de mayor producción. En este caso el caudal de aguas servidas final que corresponde al caudal de diseño es 2.4 l/s.

- *Calidad de aguas servidas:* La DBO que se genera debe ser referida a la DBO última que es aproximadamente 1.46 DBO_5. El oxigeno disuelto en las aguas servidas es cero.

Cuando se lanza al rio efluentes de estaciones de tratamiento aerobio la concentración de OD es generalmente en torno de 2 mg/l[24].

Cuando se lanza efluentes de lagunas de estabilización la concentración de OD durante el día puede alcanzar inclusive valores de sobresaturación.

En caso de que el cuerpo receptor no tenga la capacidad de autodepurarse, habrá la necesidad de construir una planta de tratamiento antes de la descarga.

[24] Muñoz, "Apuntes de depuración", Quito, Ecuador, 2005.

c) Autodepuración en el Rio Chambo. Datos y características de las aguas servidas. Cálculo del caudal.

Tabla 35: Evolución de la Población de la Provincia de Chimborazo.

Riobamba (Año)	Población (hab)	(T.C.A)
1990	163779	0.96
2001	193315	1.51
2010	225741	

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

Método aritmético

$$\boldsymbol{Pf = Po + Ka * (T_1 - T_2)}$$

$$\boldsymbol{Ka} = \frac{P_1 - Po}{T_1 - T_o}$$

$$\boldsymbol{K_{a\ (2012\ Riobamba)}} = \frac{225741 - 193315}{2010 - 2001}$$

$$\boldsymbol{K_{a\ (2012\ Riobamba)}} = 3603\ hab/año$$

$$\boldsymbol{P_{A(2012\ Riobamba)}} = 225741 + 3603 * (2012 - 2001)$$

$$\boldsymbol{P_{A(2012\ Riobamba)}} = 265374\ hab$$

$$\boldsymbol{P_{A(2012\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 875\ hab$$

$$\boldsymbol{P_{f(2032\ Riobamba)}} = 265374 + 3603 * (2032 - 2001)$$

$$\boldsymbol{P_{f(2032\ Riobamba)}} = 377067\ hab$$

$$\frac{P_{f(2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}}{P_{f(2032\ Riobamba)}} = \frac{P_{A(2012\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}}{P_{A(2012\ Riobamba)}}$$

$$\frac{P_{f(2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}}{377067\ hab} = \frac{875\ hab}{265374\ hab}$$

$$\boldsymbol{P_{f(2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 1243.28\ hab$$

Método geométrico

$$\boldsymbol{Pf = Po * (1 + TCA)^n}$$

$$\boldsymbol{P_{f(2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 875\ hab * (1 + 0.0151)^{20}$$

$$\boldsymbol{P_{f(2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 1180.82\ hab$$

Método mixto

$$\boldsymbol{P_{f\ (2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = \frac{P_{f(metodo\ Arirmetico)} + P_{f(metodo\ Geometrico)}}{2}$$

$$\boldsymbol{P_{f\ (2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = \frac{1243.28\ hab + 1180.82\ hab}{2}$$

$$\boldsymbol{P_{f\ (2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 1212.55\ hab$$

Para el cálculo del caudal de agua potable y aguas residuales se tomara la población del método aritmético.

$$\boldsymbol{Q_{AP(2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = \frac{Pf * Dot}{86400}$$

Dotación= 208 l/hab/dia[25]

$$\boldsymbol{Q_{AP(2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = \frac{1243.28\ hab * 208\ l/hab/dia}{86400}$$

$$\boldsymbol{Q_{AP(2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 3\ l/s$$

Factor de retorno= 0.80 =80%[24]

$$\boldsymbol{Q_{A.S\ (2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = Q_{AP(2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)} * F.R$$

[23-24] INFORME DE DISEÑOS DEFINITIVOS DE LOS PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA (2008).

$$\boldsymbol{Q_{A.S\ (2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 3\ l/s * 0.80$$

$$\boldsymbol{Q_{A.S\ (2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 2.4\ l/s$$

Cálculo del caudal medio futuro

$$\boldsymbol{Q_{A.P\ (2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = \frac{P_{f(2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)} * D_{M.F}}{86400}$$

Dotación media futura=140 lt/hab/día

$$\boldsymbol{Q_{md\ A.P\ (2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = \frac{1243.28\ hab * \frac{140 lt}{\frac{hab}{dia}}}{86400}$$

$$\boldsymbol{Q_{md\ A.P\ (2032\ la\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 2\ l/s$$

Factor de retorno= 0.80 =80%

$$\boldsymbol{Q_{md\ A.S\ (2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = Q_{md\ AP(2032\ la\ Inmaculada-El\ teroje)} * F.R$$

$$\boldsymbol{Q_{md\ A.S\ (2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 2\ l/s * 0.80$$

$$\boldsymbol{Q_{A.S\ (2032\ La\ Inmaculada-El\ Troje)}} = 1.60\ l/s$$

Carga orgánica:

% DBO_5= 50 g/hb/d aporte per cápita para aguas residuales domesticas

DBO_5=360 mg/l

DBO_U=1.46x1.46=525.60 mg/l

Oxígeno disuelto

OD= 0.00 mg/l

d) Datos y características del Río Chambo

Caudal mínimo medio mensual:

Q_R= 1371800 l/s

Velocidad media en época de estiaje:

V=0.85 m/s

Profundidad media en época de estiaje:

H=1.30 m
DBO_5= 360 mg/l
DBO_u= 1.46 x 360=525.60 mg/l
OD saturación= 8.70 mg/l

Temperatura de estudio:
T=15 °C

Coeficiente de desoxigenación k_1:

Los datos del Rio Chambo son:

DBO_5 en la sección 1 (sitio de descarga): **L_1=**360 mg/l
DBO_5 en la sección 2 (aguas abajo de la descarga) **L_2=** 360 mg/l

Se toma el valor de L_1 y L_2 igual a 360 mg/l, ya que la descarga va a ser muy parecida a la de rio o cuerpo receptor el DBO_5.

L_1=360 mg/l Sitio de descarga
L_2= 360 mg/l Aguas debajo de la descarga

Longitud del tramo= 1 kmV media= 0.85 m/s

$$\boldsymbol{t = \frac{long}{V_{media}}}$$

$$\boldsymbol{t} = \frac{1\ km}{0.85\ m/s} * \frac{1\ dia}{86400\ s} * 1000\frac{m}{km}$$

$$t = 0.014\ dias$$

$$\boldsymbol{L_2 = L_1 * 10^{-k_1 * t}}$$

$$\boldsymbol{k_1} = \frac{1}{t} log(\frac{L_1}{L_2})$$

$$\boldsymbol{k_1} = \frac{1}{0.014} log(\frac{1}{1})$$

$$\boldsymbol{k_1} = 0.00 dias^{-1} base\ 10$$

$$\boldsymbol{k_{1(T)}} = k_{1(20°)} * (1.045)^{(T-20)}$$

$$\boldsymbol{k_{1(T)}} = k_{1(20°)} * (1.045)^{(15-20)}$$

$$\boldsymbol{k_1} = 0.00\ dias^{-1}\ a\ 15\ °C$$

Coeficiente de re aeración k_2:

V media= 0.85 m/s

H media= 1.30 m/seg

$$\boldsymbol{k_{2(20°C)}} = \frac{2.3 *\ V^{0.67}}{H^{1.85}}$$

$$\boldsymbol{k_{2(20°C)}} = \frac{2.3 *\ 0.85^{0.67}}{1.30^{1.85}}$$

$$\boldsymbol{k_2} = 1.27\ dias^{-1}\ ecuacion\ de\ Owens, Edwards, Gibas$$

$$\boldsymbol{k_{2(T)}} = k_{2(20°)} * (1.024)^{(T-20)}$$

$$\boldsymbol{k_{2(T)}} = k_{2(20°)} * (1.024)^{(15-20)}$$

$$\boldsymbol{k_2} = 0.51\ dias^{-1}\ a\ 15\ °C$$

Nota: el curso de agua no recibe ningún afluente apreciable aguas abajo del lanzamiento.

e) Curva de depresión de oxigeno disuelto aguas abajo del lanzamiento.

Haciendo un balance de masas en el punto de lanzamiento:

$$\boldsymbol{L_o = \frac{Q_{AS*} * DBO_{AS} + Q_R * DBO_R}{Q_{AS} + Q_R}}$$

$$\boldsymbol{L_o = \frac{2.4\ l/seg * 525.60 \frac{mg}{l} + \frac{1371800}{s} * 1.46 mg/l}{2.4 \frac{l}{s} + 1371800\ l/s}}$$

Lo=1.46 mg/l

Haciendo un balance de masas del OD en el punto de lanzamiento:

$$\boldsymbol{L_o = \frac{Q_{AS*} * OD_{AS} + Q_R * OD_R}{Q_{AS} + Q_R}}$$

$$\boldsymbol{L_o = \frac{2.4 \frac{l}{s} * \frac{0.00 mg}{l} + \frac{1371800 l}{s} * 8.60 mg/l}{2.4 \frac{l}{s} + 1371800 l/s}}$$

OD mezcla= 8.60 mg/l

$$\boldsymbol{D_o = OD_{saturacion} - OD_{mezcla}}$$

$$\boldsymbol{D_o = 8.7 - 8.6}$$

$$\boldsymbol{D_o = 0.1\ mg/l}$$

Como se nota el coeficiente K_1 es cero, lo que indica que no existe desoxigenación o que es muy pequeña, mientras que si existe reaereación, expresado en la existencia del coeficiente k_2. Esto indica la gran capacidad autodepuradora del rio Chambo, tanto por turbulencia, temperatura, exposición de la luz solar y los demás factores, sobre los factores que intervienen en la

autodepuración de cuerpos hídricos. Debe considerarse además que el caudal descargado es relativamente pequeño al caudal del rio. Sin embargo debido a que puede existir ciertas afectaciones en el sitio de descarga tales como:

- Los microorganismos patógenos de las aguas residuales descargadas convierten las aguas naturales del cauce en inseguras como fuentes de suministro.
- La descomposición de la materia orgánica inestable despojará al agua de su oxígeno, y por lo tanto de peces, porque morirán.
- La putrefacción de las materias orgánicas producirá olores y condiciones desagradables, quizá hasta el extremo de afectar adversamente las propiedades del agua.

Debido a esto los peses se alejarán de la zona y los hongos se hallarán presentes, pudiendo llegar a hacerse ostensibles en masas blancas o grisáceas sobre las raíces de de plantas y palos sumergidos. Los hongos darán paso a la crianza de bacterias lo que afectara a la vegetación de la cuenca del cuerpo receptor.
Por esta razón se considera necesario la instalación o construcción de una planta de tratamiento para afectar lo menos posible al cuerpo receptor.

6.5.4.8 Planta de Tratamiento

a) Objetivo del tratamiento

El objetivo del tratamiento es la remoción de características indeseables de las aguas residuales a un nivel igual o menor que el determinado en el grado de tratamiento, para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor.

b) Grado de tratamiento

Es requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas o industriales, el haber realizado el estudio del cuerpo receptor y determinarlo el grado de tratamiento.

Es una recomendación generalizada que bajo ningún concepto se aceptara un diseño del sistema de alcantarillado sanitario o combinado con descarga cruda a un cuerpo receptor.

El estimativo del grado de tratamiento se realiza de la siguiente forma, teniéndose en cuenta los parámetros detallados:

- *Cálculo del tiempo critico*

$$\boldsymbol{tc = \frac{1}{k_2 - k_1} log \frac{k_2}{k_1} (1 - \frac{Do * (k_2 - k_1)}{Lo * k_1})}$$

- *Cálculo de la carga máxima de DBO admisible: debido a que la carga necesaria para lo sobrevivencia de peces en un cuerpo liquido es de 5 mg/l, se toma como límite.*

Dc= OD saturación – 5

Dc= 8.7 – 5= 3.7 mg/l

L'o es la carga inicial de DBO después de la mezcla del afluente de la estación de tratamiento con el rio, para mantener un déficit critico y mantener el nivel mínimo de OD de 5.0 mg/l

$$\boldsymbol{L'o = \frac{k_2}{k_1} * Dc * 10^{(-k_1 * tc)}}$$

Desde el punto de vista práctico el L'o calculado de esta manera, puede considerarse adecuado, sin embargo, debe aclararse que el tc utilizado en una determinación con Lo que a su vez fue calculado con el lanzamiento de aguas servidas sin tratamiento, por ello debe recalcularse cambiando el valor de lo por el de L'o, de la siguiente forma:

$$t'c = \frac{1}{k_2 - k_1} log \frac{k_2}{k_1} (1 - \frac{Do * (k_2 - k_1)}{L'o * k_1})$$

Luego:

$$L''o = \frac{k_2}{k_1} * Dc * 10^{(-k_1 * t'c)}$$

- *Cálculo de la DBO del afluente de la sección de tratamiento (balance de masas)*

$$DBO_{AS\ TRATADAS} = \frac{(Q_{AS} + Q_R) * L''o - Q_R * DBO_R}{Q_{AS}}$$

- *Cálculo del grado de tratamiento, en porcentaje*

$$\frac{DBO_{AS} - DBO_{AS\ TRATADAS}}{DBO_{AS}} * 100$$

Para el caso en estudio, como se explico anteriormente, la autodepuración del rio es grande y la determinación de los parámetros resulta incierta debido al valor k_1=0**.** Sin embargo se requiere una planta de tratamiento para no afectar el sitio de descarga, necesaria para afectar de la menor forma al cuerpo receptor. Por eso se ha considerado necesario el tratamiento primario y secundario de las aguas descargadas provenientes del sistema de alcantarillado sanitario.

c) Diagnostico de la calidad del cuerpo receptor

En primera instancia se realizó un estudio tentativo y visual del cuerpo receptor y se diagnostico la calidad de este. En este caso el Rio Cambo es un cuerpo hídrico con alta contaminación. Esto es debido a su tamaño y características ambientales que presentan en su totalidad de su cuenca, también recoge descargas de aguas residuales en las partes de su trayectoria. Una de las características ambientales que presenta es su temperatura, la que permite que el proceso de autodepuración se desarrolle en forma eficaz.

d) Investigaciones del cuerpo receptor

El río Chambo, se ubica en una depresión muy acentuada, y sus aguas son utilizadas principalmente para riego en las zonas de Quimiag y Cebadas (3400 y 3020 smnm) y aprovechamiento hidroeléctrico en el cauce medio (2700 msnm) y en sitios puntuales para explotación de áridos para la construcción, esta actividad con contacto directo.

A la altura de la junta con el río Chibunga, el río Chambo es el receptor directo de las aguas residuales de la mayor parte de la ciudad de Riobamba.

La calidad del agua del río Chambo se ve altamente degradada luego de la junta con el río Chibunga, dependiendo del caudal, su recuperación se logra a partir del puente Las Juntas.

Se realizo un estudio tentativo de hidrología del cuerpo receptor con determinación de caudales medios mensuales y mínimos con un periodo de recurrencia de 100 años, y siete días consecutivos de duración. En dicho estudio se determino las características hidráulicas del tramo del rio que se considera en este estudio, con la determinación de correlaciones de: caudal, velocidad y calado.

e) Operaciones y procesos unitarios empleados en el tratamiento preliminar o primario

Los tratamientos primarios son aquellos procesos y operaciones unitarias físicas que se aplican en las aguas crudas.

Los principales procesos y operaciones unitarias de tipo físico, así como las funciones a ser aplicadas a las aguas residuales, se citan en la tabla 4-16. Como en ella se indica, las operaciones físicas se utilizan para la separación de sólidos de tamaño grande, sólidos suspendidos y flotantes de grasas, así como para el bombeo del fango.[26]

[26]Tratamiento y depuración de las aguas residuales Metcalf – Eddy. Pag: 445

Tabla 36: Operaciones y Procesos Unitarios Utilizados en el Tratamiento Preliminar de Aguas Residuales.

OPERACIÓN Y PROCESO	FUNCION
Rejas y tamices	Elimina por interceptación de sólidos de gran tamaño
Dilaceradores y trituradores	Trituración de los sólidos de agua residual
Desarenadores	Eliminación de arenas
Separadores y colectores de grasa	Elimina el sólido flotante más ligeros, tales como grasas, jabón, corcho, madera, residuos vegetales, etc.
Preaireaciòn	Mejora de la distribución hidráulica, aportación de oxigeno disuelto.
Floculación	Mejora de la sedimentación de los sólidos suspendidos
Sedimentación	Eliminación de los sólidos sedimentables y material flotante
Flotación	Eliminación de grasas y sólidos suspendidos finalmente divididos
Precipitación química	Eliminación de fosforo y de los sólidos coloidales y sedimentables. Primera fase del tratamiento químico completo del agua residual.
Bombeo de fango	Elimina el fango del fondo de los tanques de sedimentación. Bombeo del fango en diversos procesos y operaciones
Cloración	Control de olor, oxigeno, desinfección, etc.

Fuente: México, Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

f) Sedimentador y digestor.

El primer paso en el tratamiento preliminar de agua residual consiste en la eliminación de solidos de suspensión y siempre que el liquido que contenga se encuentre en estado de relativo reposos, se utilizan los tanques de sedimentación primaria, que se basas en el principio de los solidos de peso especifico superior al del liquido tienen tendencia de depositarse y de los de menor peso tienden a ascender. Dichos tanques pueden proporcionar el grado de tratamiento principal

del tratamiento de agua residual o bien puede utilizarse como un paso preliminar parar el tratamiento posterior. Cuando se utiliza como único medio de tratamiento, estos tanques sirven parar la eliminación de sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras y de gran parte de las materias frotantes. Si se emplea como paso previo de un tratamiento biológico, su función es reducir la carga en las unidades de tratamiento biológico. Los fangos de sedimentación primaria, que estén proyectadas o operadores eficazmente, deberán eliminar del 50 al 70%de los sólidos suspendidos y del 25 al 45% de la DBO_5.

Existen además las partes de las mencionadas otras unidades y operaciones para la separación de sólidos, en donde se considera a la flotación como operación primaria que puede utilizarse en lugar de la sedimentación primaria. Otros dos dispositivos para la sedimentación se sólidos son las del tanque imhoff y la fosa séptica, que son parcialmente adecuadas para pequeñas comunidades y casas aisladas respectivamente.

Como recomendación el límite de la utilización de fosas sépticas se establece parar vertidos diarios iguales o inferiores a 38 m^3 a partir de estos vertidos se recomienda utilizar tanques combinados de decantación y digestión separada, como son los tanques imhoff, Emscher, etc[27]

g) Velocidad de arrastre.

Para evitar la suspensión de las partículas sedimentadas, las velocidades sedimentadas a lo largo del tanque deben mantenerse lo suficientemente bajas. A partir de los estudios realizados por SHIELDS (1936), CAMP (1946) desarrollo la siguiente ecuación para calcular la velocidad crítica horizontal.

$$\boldsymbol{V_A = (\frac{8 * k(S-1)d * g}{f})^{0.5}}$$

Donde:

V_A = velocidad horizontal a la cual se inicia el arrate de partículas

K= Constante que depende del material arrastrado

S= Gravedad especifica de las partículas

[27] Manual de depuración Uralita. 1970 Pag: 188,

G= Aceleración debida a la fuerza de gravedad

D= Diámetro de partículas

F= Factor de fricción de Darcy Weisbach

Los valores usuales de k son: 0.04 para arenas unigranulares y 0.06 para partículas mas aglomeradas. El factor de fricción de Darcy Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo del número de Reynolds. Los valores usuales de f van desde 0.02 hasta 0.03 en la ecuación se puede tanto en unidades inglesas como en internacionales porque k y f son adimensionales.

6.5.4.9 Remoción De Demanda Bioquímica De Oxigeno (DBO) Y Sólidos Sedimentables Totales (SST)

En tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración afluente y el tiempo de retención usando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{t}{a} + bt$$

Donde:

R= % de remoción esperado

t= Tiempo nominal de retención (en horas)

a, b= Constante empíricas

Las constantes empíricas para la ecuación se toman los siguientes valores a una temperatura de 20 ºC.

Tabla 37: Constantes Empíricas a Temperatura de 20ºC.

Variable	a, b	b
DBO	0.018	0.02
SST	0.0075	0.014

Fuente: México, Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

En muestro caso se tiene un caudal de diseño de 453 l/s equivalente a 391392 m^3/día por ello se adopta para el tratamiento los siguientes procesos:

- Sedimentador
- Tanque Imhoff
- Filtro

6.5.4.10 Diseño del Sedimentador

Datos básicos:

Caudal medio diario= 1.60 l/s= 138.24 m^3/día

Caudal máximo diario = 2.40 l/s= 207.36 m^3/día

Tasa de valor superficial = 720 gal/pie^2/día (29.31 m^3/m^2/día) según tabla.

Tabla 38: Usual Para el Diseño de Sedimentador Primario Seguido por Tratamiento Secundario.

		Valor	
Parámetro	**Unidad**	**Intervalo**	**Valor usual**
Tiempo de retención	h	1.5 – 2.5	2.0
Carga superficial			
Para caudal medio	gal/pie^2xd	740 - 1230	1000
Para caudal máximo	gal/pie^2xd	2000 - 3000	2200
Carga sobre vertedero	gal/pie^2xd	10000 - 40000	15000

Fuente: México, Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

Profundidad efectiva del agua =10 pies (3.05m) según tabla:

Tabla 39: Usual Para El Diseño De Sedimentadores Rectangulares y Circulares Empleados para el Tratamiento Primario y Secundario de Aguas Residuales.

		Valor según tipo de tratamiento			
		Primario		Secundario	
Parámetro	**Unidad**	**Intervalo**	**Valor usual**	**Intervalo**	**Valor usual**
Rectangular					
Profundidad	Pie	10 - 16	14	10 - 22	18
Longitud	Pie	50 - 300	80 - 130	50 - 300	80 - 130
Ancho	Pie	10 - 80	16 - 32	10 - 80	16 - 32
Velocidad del barredor	Pie/min	2 - 4	3	2 - 4	3

Fuente: México, Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

Dimensionamiento

a) Cálculo del área superficial para la relación largo – ancho

$$\boldsymbol{A = \frac{Q_{md}}{TVS}}$$

$$\boldsymbol{A = \frac{138.24\ m^3/día}{29.31\ m^3/m^2/día}}$$

A= 4.72 m^2

4 L^2=4.72 m^2

Ancho= $L^2=\frac{4.72}{4}$

Ancho = 1.08 m= 2.80 m

Área= Largo*ancho

Largo= Área/ancho

Largo= 4.29 m, se escoge un largo de 4.30m

b) Cálculo del tiempo de retención para caudal medio, tomando un valor=10 pies= 3.05m como profundidad efectiva del agua.

Entonces el volumen del tanque es= (2.80*4.30*3.05)=36.72 m^3

Usando la ecuación se tiene:

$$\boldsymbol{Carga\ superficial} = \frac{\boldsymbol{Q_{md}}}{\boldsymbol{A}}$$

$$\boldsymbol{Carga\ superficial} = \frac{138.24\ m^3/día}{(2.80 * 4.30)}$$

$$\boldsymbol{Carga\ superficial} = 11.48 m^3/m^2/día$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ de\ retención} = \frac{Vol}{Q_{md}}$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ de\ retención} = 6.38\ h$$

c) Calculo del tiempo de retención y la carga superficial para caudal máximo

$$\boldsymbol{Carga\ superficial} = \frac{Q_{max}}{A}$$

$$\boldsymbol{Carga\ superficial} = \frac{207.36\ m^3/día}{(2.80 * 4.30)}$$

$$\boldsymbol{Carga\ superficial} = 17.23\ m^3/m^2/día$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ de\ retención} = \frac{Vol}{Q_{max}}$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ de\ retención} = \frac{36.72\ m^3}{207.36\ m^3/día}$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ de\ retención} = 4.25\ h$$

d) Cálculo de la velocidad de arrastre

$$\boldsymbol{V_A} = (\frac{\boldsymbol{8 * k(S-1)d * g}}{\boldsymbol{f}})^{\boldsymbol{0.5}}$$

Donde:

K= Constante de cohesión= 0.05

S= Gravedad especifica de las partículas = 1.25

G= Aceleración debida a la fuerza de gravedad = 9.8 m/s^2

D= Diámetro de partículas = 0.003 m

F= Factor de fricción de Darcy Weisbach= 0.025

$$\boldsymbol{V_A} = (\frac{8 * 0.05 * (1.25 - 1) * 9.8 * 0.003}{0.025})^{0.5}$$

$\mathbf{V_A}$=0.34 m/s

Comparando la velocidad de arrastre calculada con la velocidad horizontal bajo condiciones de caudal máximo.

La velocidad horizontal a través del sedimentador para caudal máximo es igual al caudal máximo entre el área de la sección del flujo.

$$\boldsymbol{V_H} = \frac{Q_{max}}{A}$$

$$\boldsymbol{V_H} = \frac{207.36\ m^3/día}{(2.80\ m * 3.05)}$$

$$\boldsymbol{V_H} = 24.28 \frac{m}{día} = 0.00028\ m/s$$

El valor de la velocidad horizontal, incluso bajo condiciones de caudal máximo, es sustancialmente menor que la velocidad de arrate. Por lo tanto, el material sedimentado no será resuspendido. Para recolectar los sólidos sedimentados se utilizara rasgadores horizontales para arrastrar el fango fuera de ella.

e) Cálculo de las tasas de remoción de DBO y SST a caudales medios y máximos utilizando la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{R} = \frac{\boldsymbol{t}}{\boldsymbol{a}} + \boldsymbol{bt}$$

Donde:

R= % de remoción esperado

t= Tiempo nominal de retención (en horas)

a, b= Constante empíricas

- *Para caudal medio*

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ DBO} = \frac{t}{a + bt}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ DBO} = \frac{6.38}{0.018 + (0.020 * 6.38)}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ DBO} = 43.82\%$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ SST} = \frac{\boldsymbol{t}}{\boldsymbol{a + bt}}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ SST} = \frac{6.38}{0.0075 + (0.014 * 6.38)}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ SST} = 66\%$$

- *Para caudal máximo*

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ DBO} = \frac{\boldsymbol{t}}{\boldsymbol{a + bt}}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ DBO} = \frac{4.25}{0.018 + (0.020 * 4.25)}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ DBO} = 41.26\%$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ SST} = \frac{t}{a + bt}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ SST} = \frac{4.25}{0.0075 + (0.014 * 4.25)}$$

$$\boldsymbol{Remocion\ de\ SST} = 63.43\%$$

Como se menciono anteriormente los tanques de sedimentación primaria son capaces de remover entre un 50 al 70 % de los sólidos totales en suspensión (SST) y de reducir la demanda bioquímica de oxigeno (DBO) entre un 25 a 45 %, el tanque sedimentador diseñado estará removiendo un 66 % de SST y un 43.82 % de DBO.

6.5.4.11 Detalle Del Tanque Sedimentador

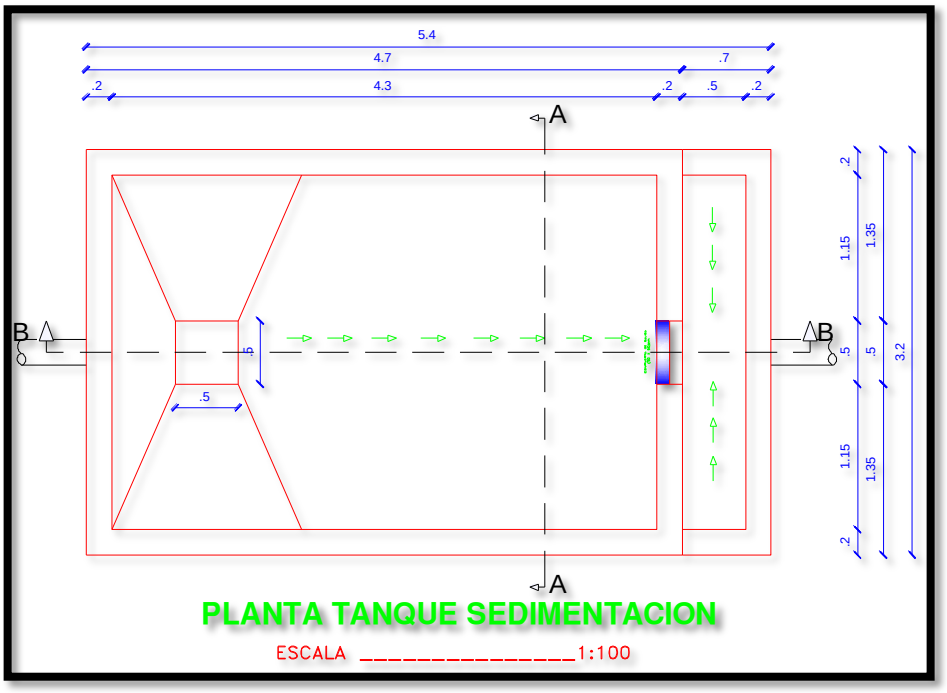


Fig. 56: Detalle planta tanque sedimentación

Fuente: Elaboración propia

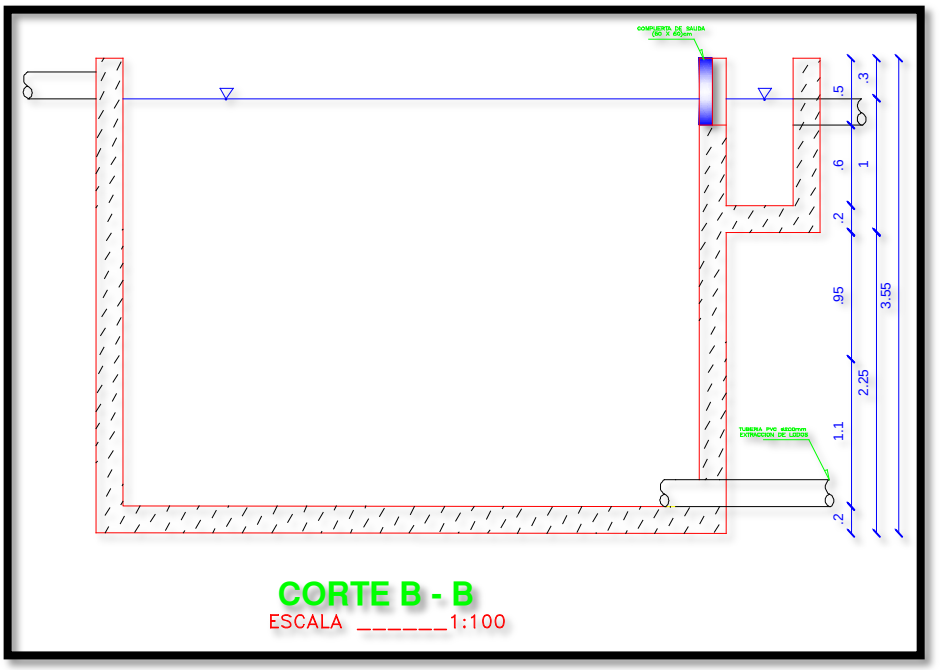


Fig. 57: Detalle corte B – B, tanque sedimentación

Fuente: Elaboración propia

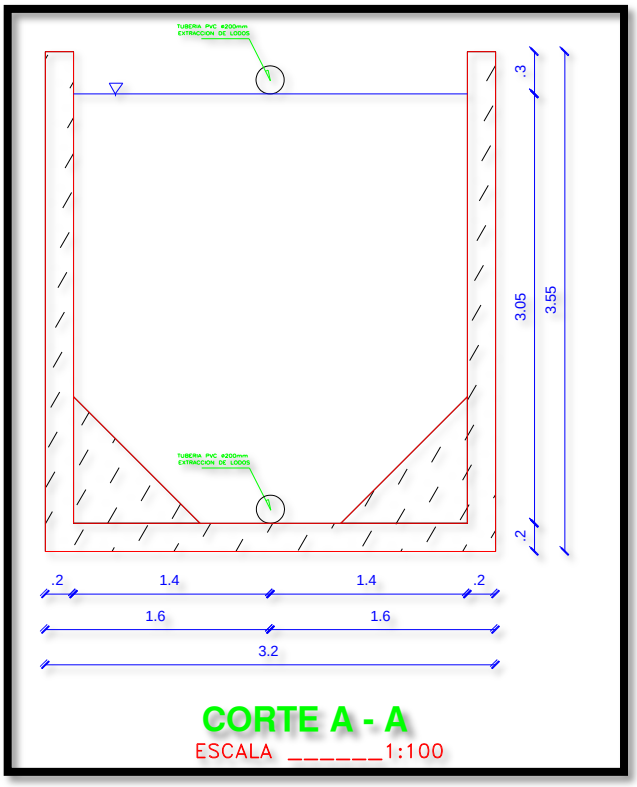


Fig. 58: Detalle corte A – A, tanque sedimentación

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.12 Tanques Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

6.5.4.13 Consideraciones A Tener En Cuenta

El ingeniero responsable del proyecto, deberá tener en claro las ventajas y desventajas que tiene al emplear el tanque Imhoff para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de una población.

a) Ventajas

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

b) Desventajas

- Son estructuras profundas (>6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vació.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto

.

Cabe resaltar que esta alternativa resulta adecuada en caso no se cuente con grandes áreas de terreno para poder construir un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, como es el caso de las lagunas de estabilización, además de que el tanque Imhoff deberá está instalado alejado de la población, debido a que produce malos olores.

El tanque Imhoff elimina del 50 al 60% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 40%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. Debido a esta baja remoción de la DBO y coliformes, lo que se recomendaría es enviar el efluente hacia una laguna facultativa para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.

6.5.4.14 Características Para El Diseño De La Zona De Sedimentación Del Tanque Imhoff

Se debe considerar un volumen mínimo de 1500 litros, utilizando los siguientes criterios:

- Se determina el área requerida para el proceso con una carga superficial de 1 $m^3/(m^2h)$
- El periodo de retención nominal será entre 1 h a 2.5 h. del producto de la carga superficial y el periodo de retención se obtendrá la profundidad
- Alternativamente se dimensionara la cámara de decantación con una tasa de 30 litros por habitante.
- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, hacia la arista central será del 65% al 80%
- En la arista central se deja una abertura para el paso de los sólidos de 0.15m a 0.20m
- El borde libre será entre 0.30m a 0.6 m
- Las estructuras de entrada y salida así como los parámetros de diseño serán los mismos que para los sedimentadores rectangulares convencionales.

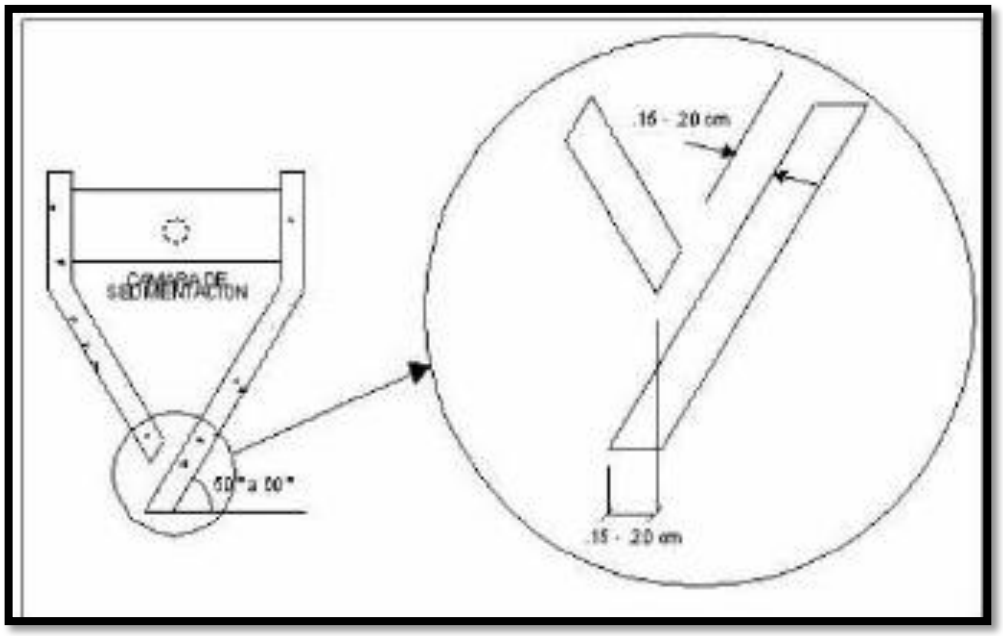


Fig. 59: Características de la Cámara de Sedimentación de un Tanque Imhoff.

Fuente: México, Unda Opazo, Francisco: Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

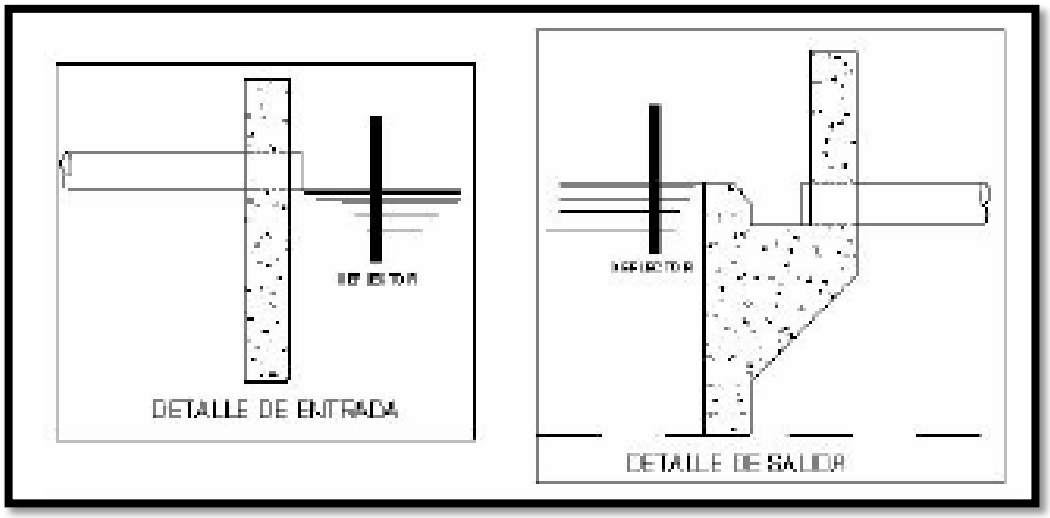


Fig. 60: Detalle de Entrada y Salida del Tanque Imhoff.

Fuente: México, Unda Opazo, Francisco: Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

6.5.4.15 Características Para El Diseño La Zona De Compartimento De Almacenamiento Y Digestión De Lodos Del Tanque Imhoff.

Se considera un volumen mínimo de 3000 litros, utilizando los siguientes criterios:

- El compartimento debe ser dimensionado para almacenar lodos durante un periodo de 60dias, al cabo del cual se considera completamente la digestión. Para el efecto se determina la cantidad de sólidos en suspensión removida, en forma similar que para el sedimentador primario. El volumen se determinara considerando la destrucción del 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1.05 kg/l Y un contenido promedio de sólidos del 12.5% (al peso).

- Alternativamente se determina el volumen del compartimento de lodos considerando un espacio de 60 litros por habitante.

- El fondo del compartimento tendrá la forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes tendrán una inclinación de 30° a 45° con respecto a la horizontal.

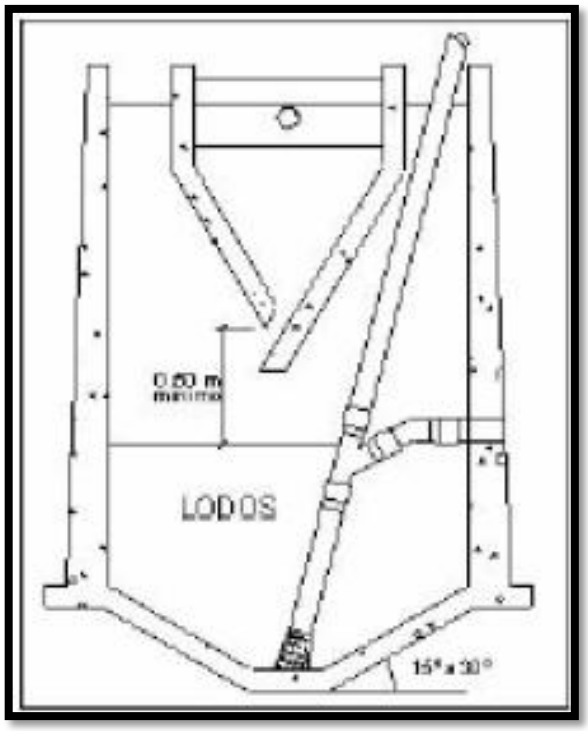


Figura 61: Detalle de la Cámara de Digestión del Tanque Imhoff
Fuente: México, Unda Opazo, Francisco: Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública.

6.5.4.16 Características Para El Diseño De La Superficie Libre Entre Las Paredes Del Digestor Y Las Del Sedimentador (Zona De Espumas)

Se considera un volumen mínimo de 1500 litros, usando los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 0.60 m como mínimo
- La superficie libre total será por lo menos 20% y preferiblemente 30% del área total del compartimento de digestión
- Alternativamente se determina el volumen de la zona de espuma usando una tasa de 30 litros por habitante.

6.5.4.17 Características Para La Remoción De Lodos Digeridos

Las facilidades para la remoción de lodos digeridos deben ser diseñadas en forma similar que para sedimentadores primarios, considerando que los lodos son retirados para secado en forma intermitente. Para el efecto se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- El diámetro mínimo de las tuberías de remoción de lodos será de 20 cm
- La tubería de remoción de lodos debe estar 15 cm por encima del fondo del tanque
- Para remoción hidráulica de lodos se requiere por lo menos una carga hidrostática de 1.50 m

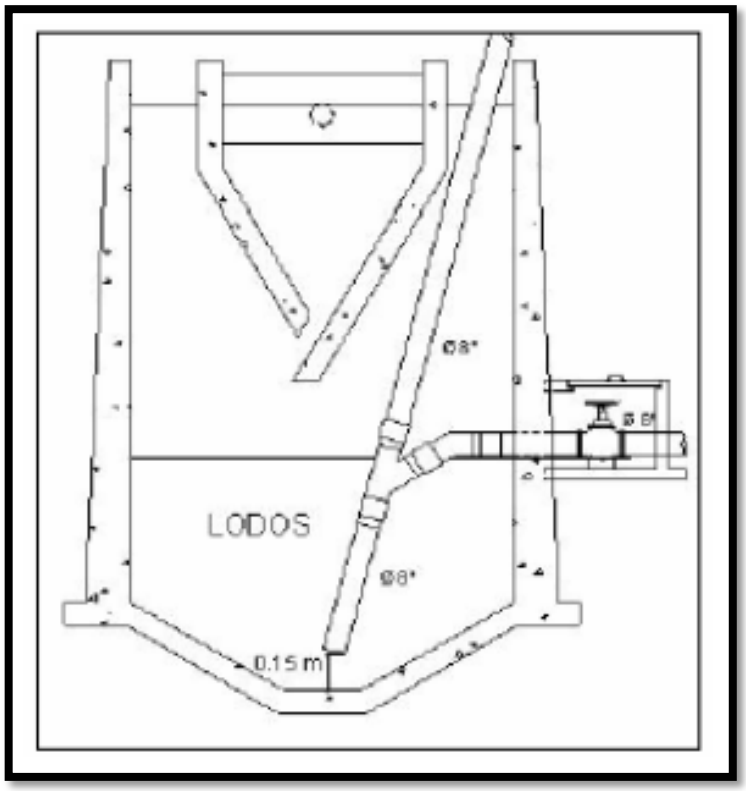


Fig. 62: Detalle de la cámara de digestión del tanque Imhoff
Fuente: México, Unda Opazo, Francisco: Ingeniería aplicada a saneamiento y salud pública.

6.5.4.18 Diseño Del Tanque Imhoff

Datos básicos:

Q medio diario =1.60 l/s

Q máximo diario =2.4 l/s

Periodo de retención = 2 h

Longitud de la cámara= 5 m

Pendiente en las paredes del fondo= 3/2 y 5/4

Ancho de la cámara= 3 m

Relación longitud con anchura= 5/3 =1.66

Profundidad de la abertura= 3 m

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ cada\ camara\ de\ sedimentación} = (5 * 3) + \left(\frac{3 * 2}{2}\right) * 5$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ cada\ camara\ de\ sedimentación} = 15 + 15$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ cada\ camara\ de\ sedimentación} = 30\ m^3$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ camara\ de\ sedimentación} = 2 * 3600 * 0.0024$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ camara\ de\ sedimentación} = 17.28\ m^3$$

$$\boldsymbol{Número\ de\ tanques} = \frac{17.28\ m^3}{30\ \ m^3}$$

$$\boldsymbol{Número\ de\ tanques} = 0.58$$

Nota: Se usa para el diseño 1 tanques y posee una sola cámara de sedimentación

Para el caudal mínimo, utilizando un tanque tenemos:

$$\boldsymbol{Periodo\ de\ retenci\acute{o}n} = \frac{30}{0.0024 * 3600}$$

$$\boldsymbol{Periodo\ de\ retenci\acute{o}n} = 3.47\ h$$

Nota: El período de retención para el gasto actual es aceptable

El tanque funciona con un gasto de 2.40 l/s

Las dimensiones de la cámara de sedimentación serán las siguientes:

Fig. 63: Detalle planta sección transversal cámara de sedimentación

Fuente: Elaboración propia

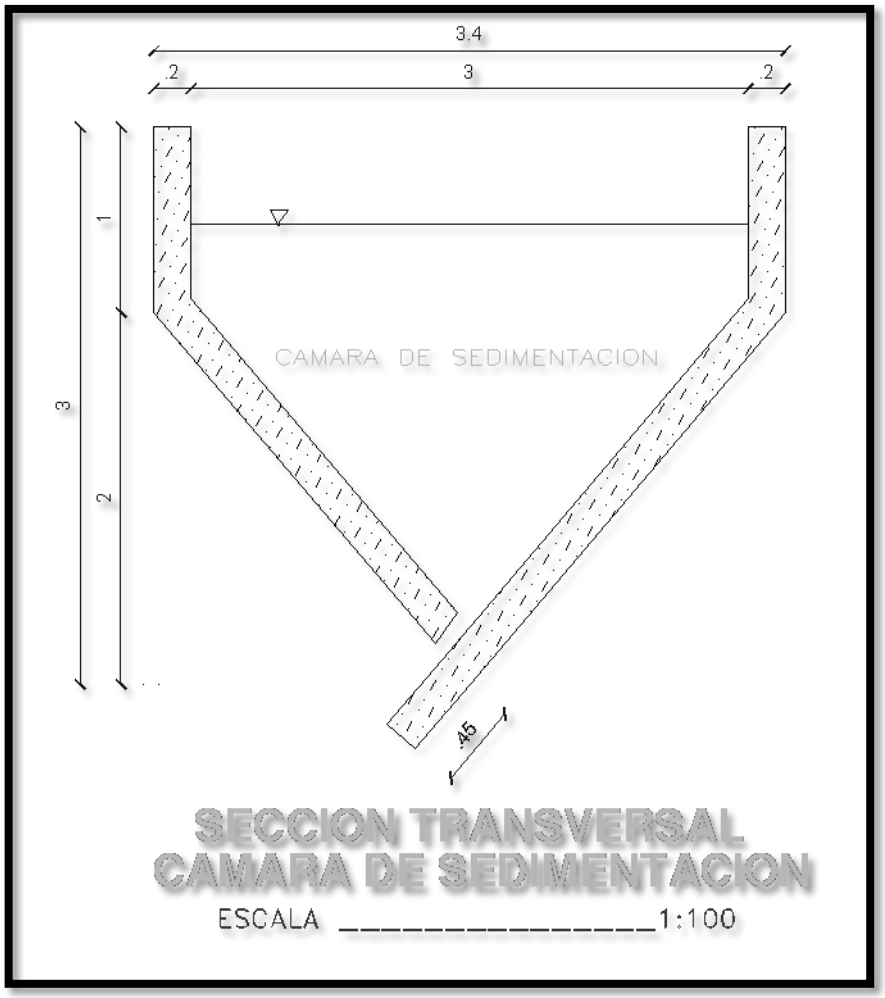


Fig. 64: Detalle Planta Sección Transversal Cámara de Sedimentación.
Fuente: Elaboración Propia.

- *Cámara de digestión*

Las dimensiones de la cámara de digestión se diseñan de modo que puedan almacenar lodo de 6 a 12 meses correspondientes al periodo más largo a las instalaciones pequeñas. La cantidad de lodo que se almacena debe estar comprendida en la capacidad efectiva de la cámara, esta se considera que el volumen total de la misma aproximadamente de 15 cm por debajo del borde mas inferior de la abertura. El fondo del compartimiento de lodos debe tener cierta inclinación convergiendo hacia el punto donde se coloca la toma para extracción de lodos.

Tomando el supuesto de que en promedio los tanques Imhoff tienen una producción de 900 litros de lodo por millón de litros de aguas negras tratadas y considerando las dimensiones de la cámara de sedimentación se toma las siguientes medidas:

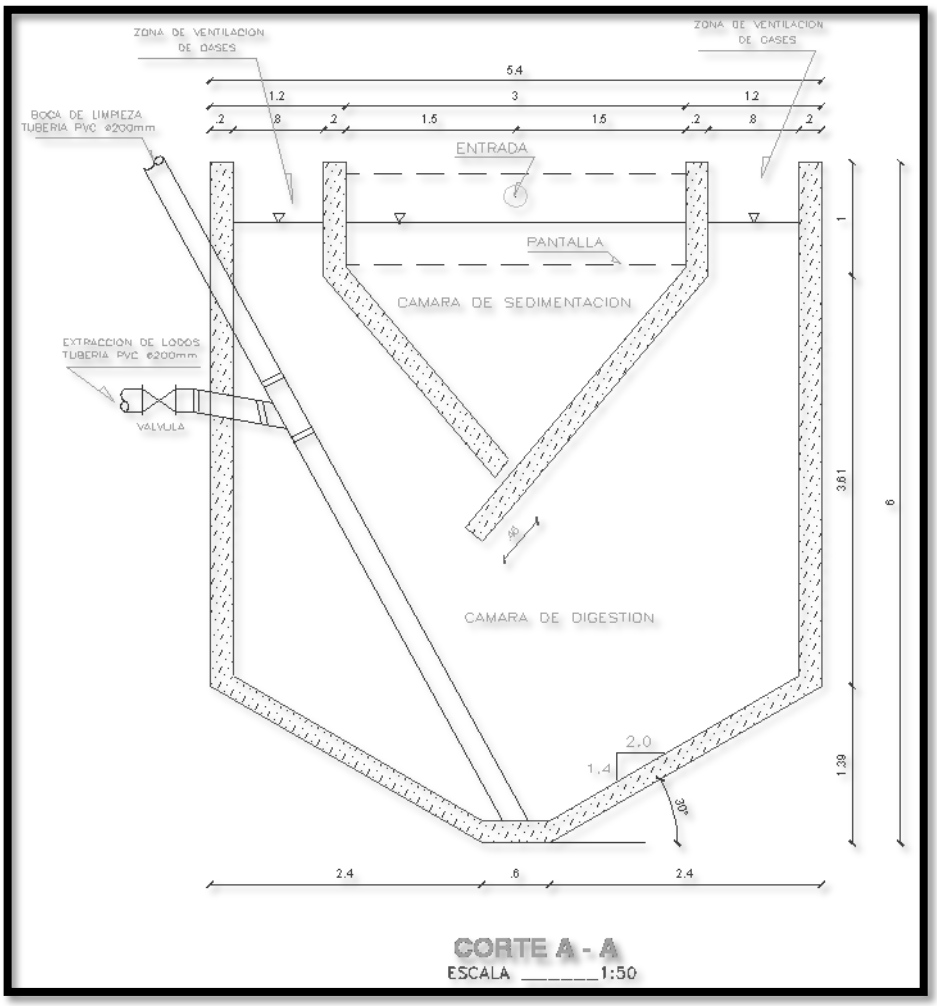


Fig. 65: Detalle Corte A – A, Cámara de Digestión

Fuente: Elaboración Propia.

Dimensiones de la cámara de digestión

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ la\ cámara\ de\ digestión} = 5 * 3 * 5 + \left(\frac{5 * 1.4}{2}\right) * 5$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ la\ cámara\ de\ digestión} = 75\ m^3 + 12.85\ m^3$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ la\ cámara\ de\ digestión} = 87.85\ m^3$$

Para un caudal de aguas negras de 2.40 l/s

$$\boldsymbol{Volumen\ mensual\ de\ lodos} = 900 * (\frac{2.40 * 86400 * 30}{1000000})$$

$$\boldsymbol{Volumen\ mensual\ de\ lodos} = 5598.72\ l$$

$$\boldsymbol{Volumen\ mensual\ de\ lodos} = 5.60\ m^3$$

$$\boldsymbol{La\ capacidad\ de\ la\ cámara\ es\ para} = \frac{87.85\ m^3}{5.60\ m^3}$$

$$\boldsymbol{La\ capacidad\ de\ la\ cámara\ es\ para} = 15.63\ meses$$

Se recomienda realizar una limpieza de los lodos cada 15 meses es decir un año con tres meses.

- *Cámara de espumas*

El volumen de la cámara debe ser aproximadamente igual a la mitad del volumen de la cámara de digestión.

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ la\ cámara\ de\ digestión} = 17.57 * 5$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ la\ cámara\ de\ digestión} = 87.85\ m^3$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ cámara\ de\ espumas} = \left(2 * 1 + \left(\frac{5 * 2}{2}\right) * 3\right) * 5$$

$$\boldsymbol{Volumen\ de\ cámara\ de\ espumas} = 77\ \ m^3$$

$$\boldsymbol{Relación\ entre\ volumenes} = \frac{87.85\ m^3}{77\ m^3}$$

$$\boldsymbol{Relación\ entre\ volumenes} = 1.14$$

En este caso el volumen de la cámara de espumas es relativamente grande, lo que es beneficioso pues se evita que los gases se introduzcan en la abertura en detrimento de la calidad de líquido saliente.

El área de la superficie de la cama de espumas expuestas a la atmosfera debe ser del 25 al 40% de la proyección horizontal de la parte superior de la cámara de digestión.

$$\boldsymbol{Área\ de\ la\ proyección\ Horizontal\ de\ la\ cámara\ de\ digestión} = 5 * 5$$

$$Área\ de\ la\ proyección\ Horizontal\ de\ la\ cámara\ de\ digestión = 25\ m^2$$

$$\boldsymbol{Área\ de\ ventilación} = 2 * 5$$

$$\boldsymbol{Área\ de\ ventilación} = 10\ m^2$$

El área de ventilación de la cámara de digestión es de un 40%

$$\frac{25}{10} = \frac{100\%}{x}$$

Donde: **X**=40%

6.5.4.19 Producción Y Tratamiento De Lodos

Los lodos bien digeridos en el tanque Imhoff presentan un color grisáceo y un leve olor característico no desagradable. En un corto tiempo, alrededor de un mes, se termina la materia digerible, la producción de gases es muy escasa y los lodos son lo suficientemente estables como para no presentar un peligro potencial para la salud pública.

Debido a que la digestión los ácidos generados se reducen apreciablemente y no son suficientes para bajar el pH y parcialmente se elimina el prolongado periodo de regresión acida, lo que reduce el tiempo de digestión, es recomendable no retirar del estanque la totalidad de los lodos digeridos, sino dejar un residuo que actue como siembra. Dicha mezcla de lodos frescos y digeridos está entre los factores que influyen en la digestión[28] .

El periodo de digestión es de 110 días para 5°C, 55 días para 15° C y 76 días para 10°C, es decir, la temperatura en un factor importante en dicho proceso e inversamente proporcional al tiempo de digestión. Ya que el sector se encuentra en la sierra y a una temperatura igual y en unas ocasiones menores a las mencionadas por esta razón se espera en mayor tiempo de digestión de lodos.

6.5.4.20 Tiempo Requerido Para Digestión De Lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varia con la temperatura, para esto se empleará la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 40: Tiempo de digestión de lodos

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días.
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Jairo Alberto Romero Rojas

[28] México, Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública México, 1969 Pag: 297

6.5.4.21 Lecho De Secado De Lodos

El secado del fango es una operación unitaria que consiste en reducir el contenido de agua por vaporización de este el aire ambiente. En los lechos de secado, las diferencias de presión del vapor son las causas de la evaporación a la atmosfera.[29]

Dichos lechos pueden ser construidos de mampostería, de concreto o de tierra (como diques), con profundidad útil entre 50 a 60 cm, con ancho entre 3 a 6 m (excepto para grandes instalaciones que puedan sobrepasar los 10 m) y con medio de drenaje de 30 cm de espesor, el cual se recomienda que debe tener el medio de soporte construido por una capa de 15 cm, formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3cm, llenos de arena.

Dicha arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo D, de 0.3 a 1.3 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5. Sobre esta se coloca un estrato de grava graduada entre 1.3 y 5.1 mm de 20cm de espesor. Los drenes son tubos de 100mm de diámetro, de hierro fundido, instalados debajo de la grava del medio de drenaje.

Los muros deben ser impermeables, extendiéndose verticalmente desde un nivel de 15 cm, bajo la superficie de la arena hasta 38 cm o 46 cm por encima.

Se debe proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa en el fondo, para impedir la destrucción del lecho. La boca de descarga esta 30 cm más arriba que la superficie de la arena y de forma que puedan desaguar los tubos (Lima. OPS/CEPIS/05. 164 UNATSABAR.[30]

[29] España. Metcalf vs Eddy, Inc, Tratamiento y depuración de las aguas residuales, Barcelona, 1977 Pag: 332.
[30] Especificaciones técnicas para la construcción de tanque Imhoff, Lima, 2005.

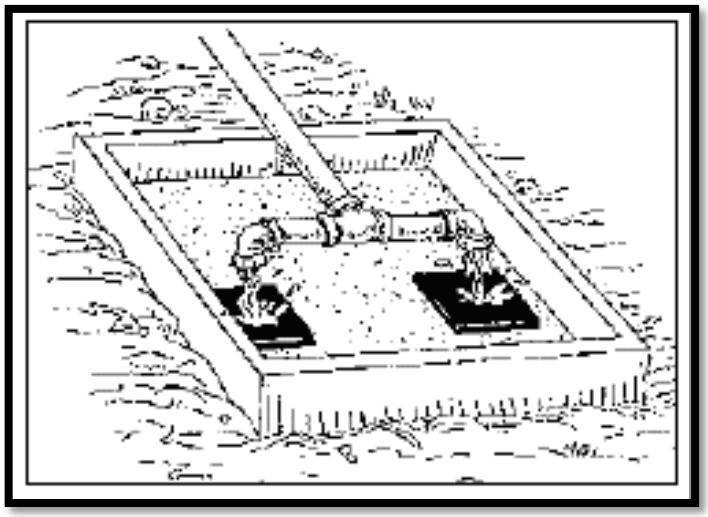


Fig. 66: Lecho de Lodos.

Fuente: Exposición de la Ing. Teresa Lampoglia-Tratamiento de Lodos – Noviembre 2004 – Lima.

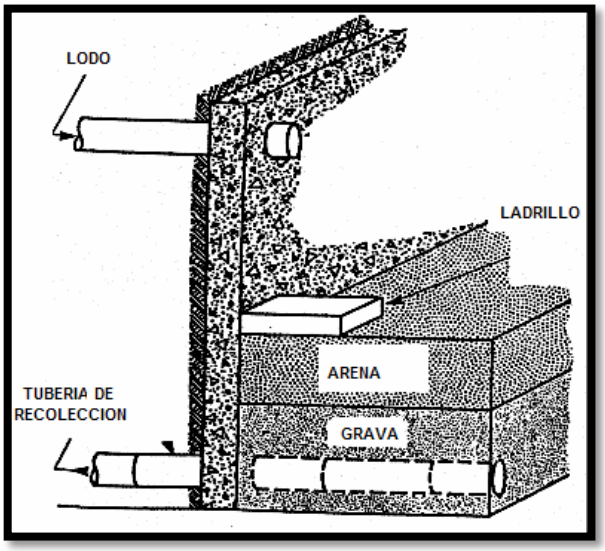


Fig. 67: Vista del Lecho de Secado.

Fuente: Exposición de la Ing. Teresa Lampoglia-Tratamiento de lodos – Noviembre 2004 – Lima.

6.5.4.22 Dimensionamiento Del Lecho De Secado De Lodos

- *Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C, en kg de SS/día)*

$$\boldsymbol{C = Q * SS * 0.864}$$

$$\boldsymbol{C} = 2.40 * 104 * 0.864$$

$$\boldsymbol{C} = 215.65$$

Donde:

SS= Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l

Q= Caudal promedio de aguas residuales

- *Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en kg SS/día)*

$$\boldsymbol{Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)}$$

$$\boldsymbol{Msd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 215.65) + (0.5 * 0.3 * 215.65)$$

$$\boldsymbol{Msd} = 59.30 \text{ kg}\frac{\text{SS}}{\text{día}}$$

- *Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día)*

$$\boldsymbol{Vld = \frac{Msd}{\rho\ lodo * (\%\ de\ solidos/100)}}$$

$$\boldsymbol{Vld} = \frac{59.30 \text{ kg}\frac{\text{SS}}{\text{día}}}{\frac{1.04\text{kg}}{\text{l}} * 8}$$

$$\boldsymbol{Vld} = 7.13 \text{ l/dia}$$

Donde:

ρlodo = densidad de los lodos, igual a 1.04 kg/l

% de sólidos= % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%

- *Volumen de lodos a extraer del tanque (Vel, en m^3)*

$$\boldsymbol{Vel = \frac{Vld * Td}{1000}}$$

$$Vel = \frac{7.13 \frac{\text{l}}{\text{dia}} * 55 dia}{1000}$$

$$Vel = 0.40 \text{ m}^3$$

Donde:

Td= tiempo de digestión, en días (ver tabla)

- *Área del lecho de secado (Als, en m^2)*

$$\boldsymbol{Als = \frac{Vel}{Ha}}$$

$$\boldsymbol{Als = \frac{0.40 \text{ m}^3}{0.50 \text{ m}}}$$

$$\boldsymbol{Als} = 0.80 m^2$$

Donde:

Ha= Profundidad de aplicación, entre 50 y 60 cm

- *Largo y ancho (m)*

Se asume un ancho de 1.50 m=b

$$\boldsymbol{Als = b * L}$$

$$\boldsymbol{L = \frac{Als}{b}}$$

$$L = \frac{0.80m^2}{1.50\ m}$$

$$L = 0.53\ m\ se\ toma\ 1.00\ m$$

6.5.4.23 Detalle De Dimensiones Del Lecho De Secado

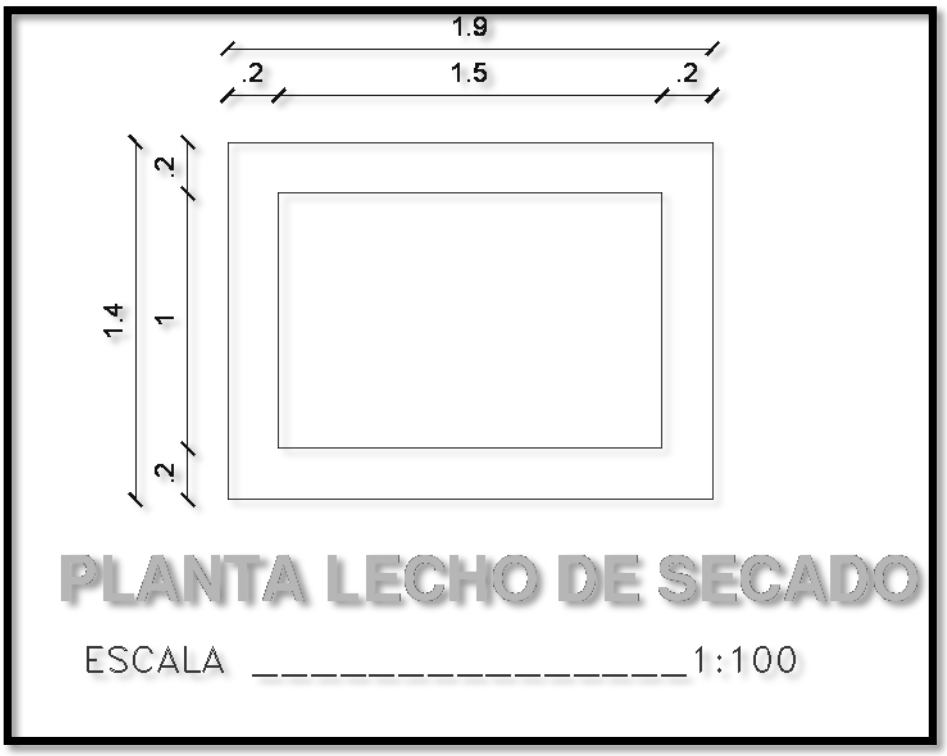


Fig. 68: Detalle planta lecho de secado

Fuente: Elaboración propia

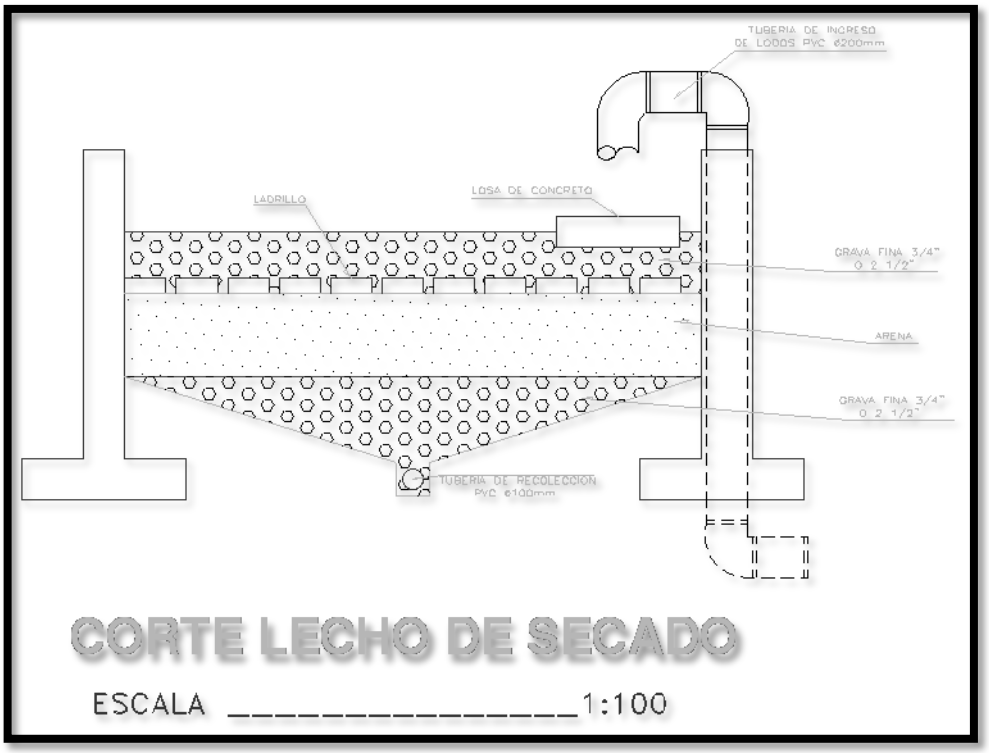


Fig. 69: Detalle Corte Lecho de Secado.

Fuente: Elaboración Propia.

6.5.4.24 Tratamiento Secundario

El afluente proveniente del tratamiento primario, que sale cargado de materia orgánica en suspensión, finalmente dividida, en estado coloidal y en solución, debe ser sometida a un tratamiento posterior (secundario) y por consiguiente, el sedimentador y el tanque Imhoff no contribuye sino una parte de un tratamiento de aguas negras o residuales.

Los sistemas a contemplar respecto a los tanques de decantación – digestión aplicable a pequeñas depuraciones, se concretan en[31] :

- Tanque de decantación – digestión y pozos filtrantes
- Tanque de decantación – digestión y zanja filtrantes
- Tanque de decantación – digestión y lecho bacteriano

[31] Manual de depuración Uralita. 1970, Pag: 181

Existen unidades tales como pozos absorbentes, sistemas de drenajes, zanjas infiltrantes, filtros subterráneos de arena, cámaras de contacto o filtros superficiales de arena, que son parte de dichos procesos.

La solución de pozos absorbentes como tratamiento secundario se recomienda cuando el afluente proveniente del tanque sedimentador – digestor proveniente de agua de lavado, desagües de piscinas o de aguas pluviales, es además una solución transitoria.

Las cañerías de infiltración o drenajes se utilizan de preferencia cuando hay acuíferos relativamente superficiales y estratos impermeables, en los que no puede construirse sistema de drenaje o pozos absorbentes para una operación satisfactoria. Con este sistema se logra un buen saneamiento del agua residual y el afluente se puede descargar sin necesidad de tratamiento posterior en cursos que no se usen posteriormente para bebida[32] .

Los filtros subterráneos de arena son similares en función y construcción a las zanjas filtrantes de arena, con la diferencia que estos son más pequeños.

6.5.4.25 Procesos Anaeróbicos

Durante los últimos veinte años, se han desarrollado diferentes procesos anaerobios para el tratamiento de lodos y aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. Entre éstos se puede citar como los más usados la digestión anaerobia en régimen de mezcla completa, el proceso anaerobio de contacto y el proceso anaerobio de flujo ascendente.

La digestión anaerobia es uno de los procesos más antiguos utilizados para la estabilización de lodos. Consisten en la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en la ausencia de oxígeno molecular. Sus mayores aplicaciones han

[32] México, Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública México, 1969 Pag: 375

sido la estabilización de los lodos concentrados provenientes de la depuración de las aguas residuales y el tratamiento de algunos residuos industriales.

Últimamente se ha demostrado que los desechos orgánicos diluidos también pueden ser digeridos mediante procesos anaerobios.

En el proceso de digestión anaerobia la materia orgánica es convertida biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en una variedad de productos, entre ellos metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). El proceso se lleva a cabo dentro de un reactor, introduciendo el afluente de manera continua o intermitente y reteniéndolo por diferentes períodos; el lodo estabilizado, retirado también de manera continua o intermitente, contiene bajas cantidades de materia orgánica y patógena además de no ser putrescible.

La conversión biológica de la materia orgánica se produce en tres fases. En la primera, los componentes orgánicos de masa molecular alta se hidrolizan mediante la presencia de enzimas, resultando nuevos compuestos aptos para ser utilizados por las bacterias como fuente de energía y de carbono celular. En la segunda etapa, denominada ácidogénesis, las bacterias convierten los compuestos resultantes de la primera fase en compuestos intermedios de menor masa molecular. En la tercera etapa, conocida como metenogénesis, las bacterias convierten los productos intermedios en productos más simples, principalmente metano y dióxido de carbono.

En un reactor anaerobio un grupo de organismos es responsable de la hidrólisis de los polímeros orgánicos y las grasas transformándolos en monoacáridos, aminoácidos y otros compuestos similares.

Un segundo grupo de bacterias anaerobias fermentan los productos anteriormente referidos convirtiéndolos en ácidos orgánicos, siendo el más común el ácido acético. Este grupo de microorganismos denominados no metanogénicos, incluye

bacterias facultativas y anaerobias y se conocen también como formadoras de ácidos o acidogénicas.

Un tercer grupo de microorganismos se encarga de la conversión del hidrógeno y el ácido acético, generado en la etapa previa, en metano (poco soluble en el agua) y dióxido de carbono. Estas bacterias, estrictamente anaerobias, se llaman metanogénicas y presentan tasas de crecimiento sumamente bajas, determinando la lentitud de los procesos anaerobios de tratamiento de los desechos orgánicos.

Para la eficiente estabilización de la materia orgánica en un reactor anaerobio, debe existir un equilibrio dinámico entre las bacterias no metanogénicas y las metanogénicas. Este estado se puede conseguir mediante las siguientes condiciones: ausencia de oxígeno disuelto, ausencia de metales pesados y sulfitos que inhiben el crecimiento de este tipo de bacterias. Adicionalmente, el pH dentro del reactor debe estar dentro del rango de 6.6 y 7.6, debiendo existir suficiente alcalinidad para asegurarse que el pH no baje de 6.2.

Cuando la digestión anaerobia tiene lugar satisfactoriamente, la alcalinidad se presenta normalmente en el rango de 1.000 a 5.000 mg/l y los ácidos grasos volátiles deben estar en una concentración inferior a 250 mg/l. También deben estar presentes el nitrógeno y fósforo en cantidades suficientes como nutrientes que aseguren el crecimiento de las bacterias. Los rangos óptimos de temperatura son el mesofílico (30-38ºC) y el termofílico (49-57ºC).

6.5.4.26 Ventajas Y Desventajas De Los Procesos Anaerobios Para El Tratamiento De Aguas Residuales.

Tabla 41: Resumen de Ventajas y Desventajas del Proceso Anaerobio.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Mayor tiempo de retención de la biomasa con menor tiempo de retención hidráulica. • Menor producción de lodos. • Materia sólida resultante bien estabilizada. • Posible aprovechamiento del gas metano obtenido como subproducto. • No utiliza recirculación ni calentamiento. • Pérdidas de carga mínimas a través del lecho. • Es más sencillo de mantener entre los procesos anaerobios. • Se obtiene un efluente clarificado • Poco sensible a variaciones de carga hidráulica. • Permite una operación satisfactoria, sin mantenimiento, durante 18 a 24 meses. • Requiere poco espacio.	• Pueden producirse obstrucciones. • Costos de construcción altos debido al medio filtrante. • No es utilizable para aguas residuales con altos contenidos de sólidos suspendidos. • El filtro crea un medio corrosivo. • Requiere mayores temperaturas para la eficiencia del proceso. • Producción de olores. • El arranque del proceso es lento, pudiendo demorar unos 6 meses.

Fuente: Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Jairo Alberto Romero Rojas.

Las ventajas y desventajas de estos procesos con respecto a aquellos de tipo aerobio son la principal diferencia se deriva de la baja tasa de crecimiento de las bacterias metanogénicas, la cual determina mayores tiempos de retención en el reactor. En los procesos anaerobios, una gran parte de la materia orgánica se transforma en metano, gas que puede ser utilizado como combustible. Debido al bajo crecimiento celular y a la conversión de la materia orgánica en metano y dióxido de carbono, la materia sólida resultante del proceso anaerobio es razonablemente bien estabilizada y luego de su desecación puede disponerse en un relleno sanitario, utilizarse para compostaje y para el mejoramiento de suelos. Una de las desventajas de los procesos anaerobios es el alto rango de temperaturas necesarias para alcanzar una buena eficiencia; sin embargo esta condición es necesaria solamente cuando no se pueden conseguir tiempos de retención apropiados.

Uno de los procesos anaerobios de interés dentro de esta consultoría es el filtro anaerobio de flujo ascendente propuesto por Young y Mc Carty en 1969 para el tratamiento de residuos solubles. Consiste en un reactor lleno de algún medio sólido. El agua residual fluye por este filtro, entrando en contacto con el medio poroso en el cual las bacterias anaerobias crecen y se encuentran retenidas.

Debido a esta circunstancia, pueden conseguirse tiempos de retención medios de las bacterias muy altos, del orden de los 100 días [33], con tiempos de retención hidráulica muy cortos. Por consiguiente, este filtro puede usarse para el tratamiento de aguas residuales poco concentradas a temperatura ambiente[34], obteniéndose remociones de la materia orgánica en el orden de hasta 75 al 85%. Reducciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de alrededor de un 70% requieren un volumen de filtro anaerobio de 0.05 m^3 por habitante y por día, con una operación satisfactoria, sin mantenimiento, durante 18 a 24 meses[35] .

[33] Culp, 1978
[34] Genuno
[35] GAAB, 1996

El filtro anaerobio de flujo ascendente ha sido optado como una de las alternativas para dar un tratamiento complementario al efluente de una fosa séptica, tanque Imhoff.

En el Cuadro siguiente se resumen los parámetros de diseño de los filtros anaerobios de flujo ascendente, tomados de varias fuentes bibliográficas. Las variaciones que presentan los diferentes autores para cada uno de los parámetros se debe a la diversidad de condiciones en las que han sido desarrollados los experimentos de los cuales se obtuvieron dichos parámetros, especialmente en lo que tiene que ver con las características de las aguas residuales tratadas, condiciones ambientales, geometría de los reactores, materiales utilizados para los medios filtrantes, tamaño del material de cada medio, etc.

6.5.4.27 Parámetros De Diseño De Filtros Anaerobios De Flujo Ascendente.

Tabla 42: Parámetros de Diseño.

PARAMETRO	VALOR
DQO afluente (mg/l)	1.000 - 30.000 2.500 - 24.000 10.000 - 20.000
Tiempo de retención (días)	24 - 48 24 20 - 96 variable en función del caudal diario
Carga orgánica (kg DQO/ m^3 día)	1 - 48 1 - 6 < 12 5 - 30 9 - 15
Volumen (m^3)	En función del caudal diario y el tipo de retención hidráulica
Diámetro del medio (cm)	2 - 17
Altura del medio (m)	1.2 3 - 12 1.80
Temperatura (ºC)	32 - 37 30 - 35
Remoción DQO (%)	61 - 90 80 - 95 70 - 90
Velocidad de flujo (m/día)	< 10
Sólidos suspendidos del afluente (mg/l)	< 500 Ɵ 50.000
Edad de lodos (días)	0.5 - 5
DQO soluble/DQO insoluble	> 1
Distancia entre orificios de entrada (m)	1 - 2

Fuente: Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Jairo Alberto Romero Rojas

En el Cuadro se resumen algunas recomendaciones tomadas de la Norma Brasileña NB-41, las cuales se consideran prácticas y provienen de experimentos exitosos desarrollados a lo largo de muchos años.

6.5.4.28 Detalles Constructivos Recomendados Para El Diseño De Filtros Anaerobios De Flujo Ascendente.

Tabla 43: Recomendaciones Constructivas.

REFERENCIA	CONDICIONES
Medio filtrante	Debe pasar el tamiz No.4 (50 a 76 mm) y tener granulometría uniforme
Profundidad de lecho	1.80 m para cualquier volumen
Diámetro o longitud mínimos	0.95 m. ó 0.85 m. respectivamente, mínimo 3 veces la profundidad útil
Volumen útil mínimo	1.250 l.
Carga hidrostática mínima	0.10 m. entre el nivel de salida del filtro y el nivel de salida de los tanque imhoff
Fondo falso	Orificios de 0.03 m. mínimo, espaciados a 0.15 m.
Diámetro de conexión entre la fosa séptica y el filtro	Mínimo 0.10 m.
Dispositivo de salida	Debe pasar por el centro del filtro y mantener una carga mínima de 0.30 m sobre el lecho filtrante

Fuente: Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Jairo Alberto Romero Rojas

a) Diseño del filtro anaerobio

Se toma una unidad de flujo horizontal

Tabla 44: Datos para el Diseño del Filtro Anaeróbico.

DATOS BÁSICOS	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Número de aportantes	N	hab.	1243.28
Producción aguas residuales por persona	Dar	l/hab/dia	140
Carga orgánica por habitante	Co	gDBO/dia	22.50
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m^3xdia	0.80
Ancho cámaras inicial y final	L1	m	1.20
Altura de seguridad	hs	m	0.30

Fuente: Elaboración Propia.

La carga volumétrica (Lv) está en el rango de 0,10 a 0,50 kgDBO/m^3/dia

La altura del lecho varía de 0.80m a 1.80m

b) Carga orgánica del afluente

$$\mathbf{L = N * Co}$$

$$\mathbf{L} = \frac{1243.28 * 22.50}{1000}$$

$$\mathbf{L} = 27.97 \frac{\text{kgDBO}}{\text{dia}}$$

c) Volumen del filtro anaerobio

$$\boldsymbol{V = \frac{L}{Lv}}$$

Donde:

V= volumen del filtro anaerobio (m^3)

L= carga orgánica afluente (kgDBO/día)

Lv= carga orgánica volumétrica (kgDBO/m^3/día)

$$\boldsymbol{V = \frac{27.97}{0.80}}$$

$$\boldsymbol{V = 34.96\ m^3}$$

d) Dimensiones del filtro

$$\boldsymbol{V = B * L * H}$$

Donde:

B= ancho (m)

L=largo (m)

H= profundidad (m)

La profundidad del lecho varia de 0.80m a 1.80 m, en muestro caso se tomara un **H**=1.80 m

Se asume un ancho de 4 m

$$\boldsymbol{L = \frac{V}{B * H}}$$

$$\boldsymbol{L = \frac{34.96}{4 * 1.80}}$$

$$\boldsymbol{L = 4.86\ m\ se\ toma\ 5\ m}$$

e) Perdida de carga en el filtro

El material granular a emplearse será grava triturada de tamaño efectivo entre 1pulgada a 1.50 pulgadas.

- *Velocidad de flujo horizontal*

$$\boldsymbol{v = \frac{Q}{B * H}}$$

Donde:

v= velocidad de flujo horizontal (m/s)

Q= caudal máximo (m^3/s)=2.4 l/s=0.0024 m^3/s

B= ancho (m)

H= profundidad (m)

$$\boldsymbol{v = \frac{0.0024}{4 * 1.80}}$$

$$\boldsymbol{v} = 0.00033\ m/s$$

Ecuación de Darcy

$$\boldsymbol{hf = \frac{L * v}{K}}$$

Donde:

hf= perdida de carga del filtro (cm)

L= largo del filtro (m)

v= velocidad de flujo horizontal (m/s)

K= coeficiente de permeabilidad = 0.10

$$\boldsymbol{hf = \frac{5 * 0.045}{0.10}}$$

$$\boldsymbol{hf} = 0.017\ cm$$

Nota: Las pérdidas de energía a través del lecho son mínimas, menores a 7.50 cm

f) Eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción de DBO, SST y CT se encuentra en un 80%.

g) Detalles del filtro anaeróbico

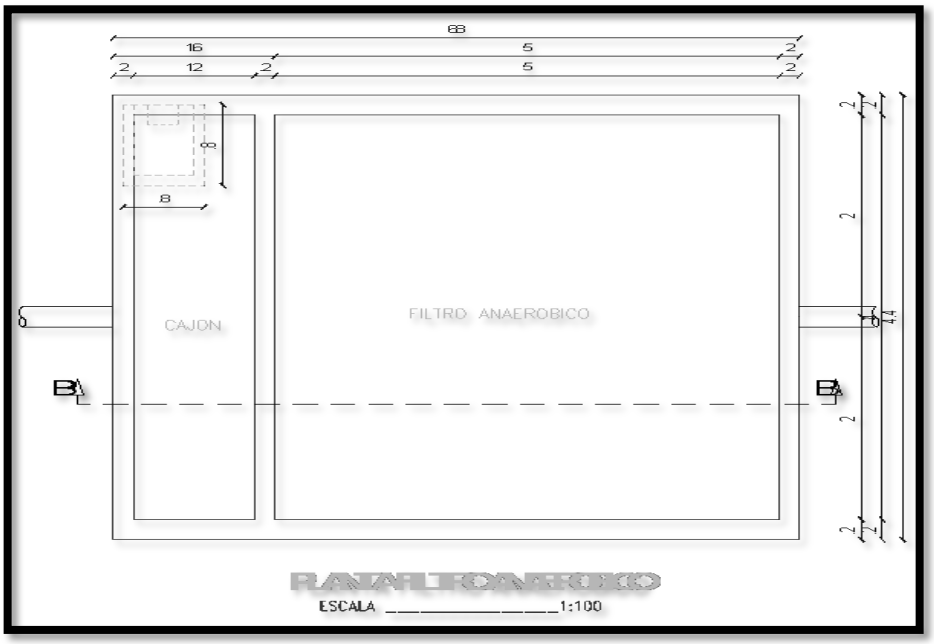


Fig. 70: Detalle planta filtro anaeróbico

Fuente: Elaboración propia

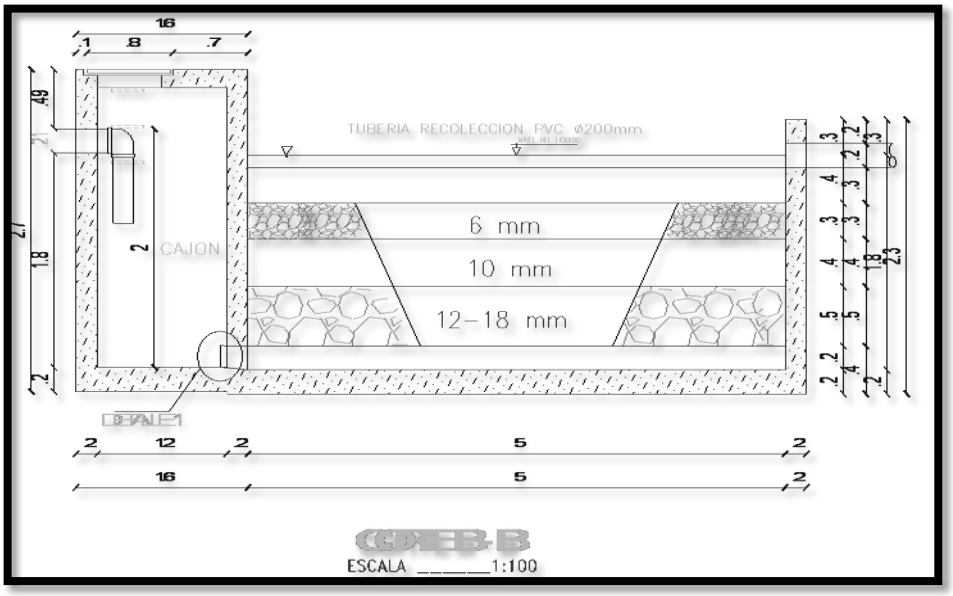


Fig. 71: Detalle corte B – B, filtro anaeróbico

Fuente: Elaboración propia

6.5.5. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL (CUNETAS) PARA EL ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA LA INMACULADA-EL TROJE.

6.5.5.1. Objetivo Y Alcance De Los Estudios

El objetivo de los estudios hidrológicos es caracterizar la zona de estudio desde el punto de vista hidro-meteorológico y determinar los caudales para el diseño de las obras de drenaje menor del proyecto vial para el área de expansión urbana "LA INMACULADA – EL TROJE" de la ciudad de Riobamba; ya que el sistema de drenaje vial es de gran importancia para el funcionamiento y operación de las vías del sector, tiene cuatro funciones principales:

- Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada.
- Controlar el nivel freático.
- Interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera.
- Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

El trazado actual de la carretera del área de expansión urbana "LA INMACULADA – EL TROJE"; es atravesado por canales de riego, donde actualmente existen o se requieren obras de drenaje que consisten en alcantarillas de diferente tipo y dimensiones; tales sitios necesitan ser evaluados desde el punto de vista hidrológico para determinar si su capacidad actual es suficiente o si requieren ser sustituidas por obras de mayor capacidad.

6.5.5.2. Caracterización Del Área De Estudio

El área de estudio se encuentra definida por el trazado vial de la carretera Riobamba– Chambo desde la abscisa 1+300 hasta la abscisa 2+600, y la red vial existente en el interior del área de expansión urbana "LA INMACULADA – EL TROJE", cuyo desarrollo horizontal tiene una longitud de 7.00 kilómetros (Vía Riobamba-Chambo) y 6.50 km (Red Vial La Inmaculada-El Troje). La vía se

desarrolla desde una altitud de alrededor de 2744.200 msnm, desciende hasta la cota 2708.000 msnm.

En relación con la orografía de la zona, el relieve es irregular con una altura máxima que alcanza los 2769.685 msnm. Las cuencas por las que atraviesa la vía se encuentran densamente intervenidas, por lo que, en su mayor parte, la cobertura vegetal del suelo está constituida por la mayor parte de cultivos y un número creciente de viviendas ya que la zona es un área de expansión urbana.

A lo largo del proyecto vial se observa que existen varias corrientes de agua (canales de riego y cunetas), cuyos drenajes forman parte de las cuencas del Rio Chambo y Rio Chibunga.

6.5.5.3. Cartografía

Las vías en estudio se ubican íntegramente en el mapa del Instituto Geográfico Militar carta a escala 1:50.000, que abarca el área de influencia del proyecto vial, existiendo además la faja topográfica en escala 1:1000 levantada para diseño del proyecto.

Fig. 72: Fotografía Satelital de la Zona de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

Fuente: Fotografía Satelital de la Ciudad de Riobamba-GADM de Riobamba.

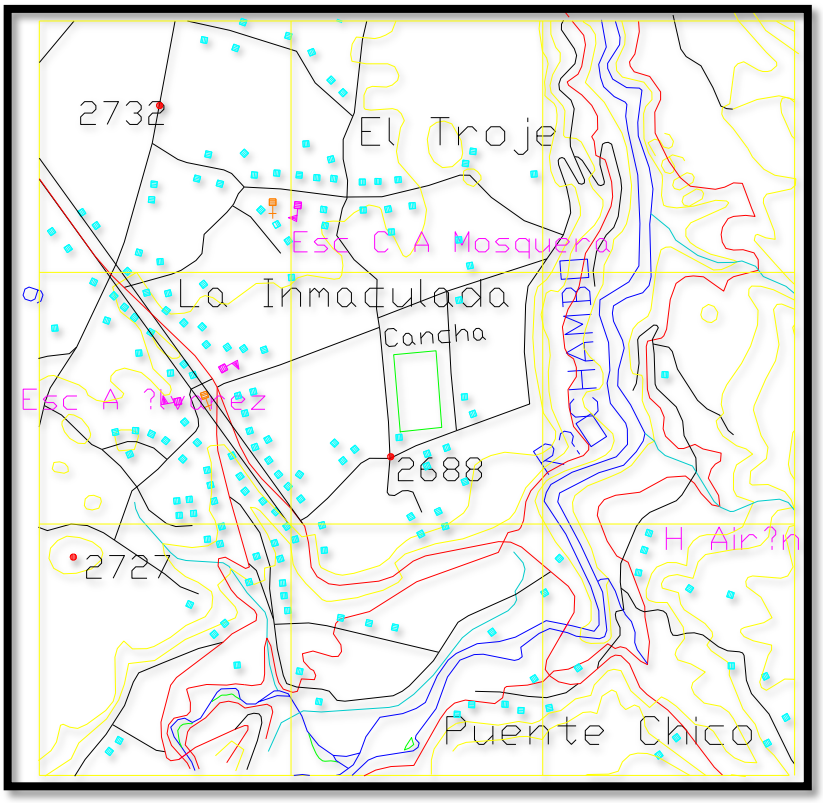


Fig. 73: Mapa de Localización del Área de Expansión Urbana La Inmaculada-El Troje.

Fuente: Carta Topográfica Cantón Riobamba-Instituto Geográfico Militar IGM.

6.5.5.4. Clima

El clima de la zona de estudio está determinado por los registros estadísticos de las estaciones meteorológicas **Riobamba – Aeropuerto (M - 057)** ubicadas en las cercanías al área de influencia del proyecto vial y con información climatológica disponible para el año 1984 a 2009.

El proyecto vial se desarrolla en una zona caracterizada por un clima Húmedo para el rango altitudinal de 2708 m. a 2769.88 m. Tienen una temperatura media anual de 15° C y una humedad media de 70 %.

6.5.5.5. Precipitación.

Lamentablemente, en la zona de interés no existen estaciones pluviométricas. Sin embargo, si se encuentra en las cercanías, la más cerca posible del área de influencia es la estación Pluviométrica de Riobamba – Aeropuerto (M-057), con esta consideración, es posible definir la distribución espacial de las precipitaciones de la zona de interés del presente trabajo, utilizando para ello estaciones de apoyo ubicadas en la región.

En el Cuadro siguiente se muestra la información meteorológica de la estación Riobamba _ Aeropuerto (M-057) localizada en las coordenadas 01°39’00’’ S y 78°39’00’’ W a 2760 msnm muestra la precipitación mínima de 244.5 mm. En el año de 1973, la precipitación máxima de 668.5 mm. En el año de 2009, y la precipitación media de 435 mm.

Tabla 45: Información Meteorológica Estación Riobamba – Aeropuerto.

AÑO	TEMP °C	HUM. %	HELIOF. Horas	NUBOS. Octavos	EVAPOR. Mm	PRECIP. mm.	Pmax 24 h mm.	DÍAS c/LLUVIA
1984	13.0	80	n/d	6	n/d	443.9	27.6	158
1985	14.0	77	n/d	6	n/d	244.5	16.8	89
1986	12.6	80	n/d	6	n/d	276.8	29	70
1987	12.9	77	n/d	6	401.5	467.8	32.4	96
1988	13.5	73	1546.1	6	625.6	500.3	20.9	134
1989	13.3	73	1868.2	6	2120	418.1	24.4	176
1990	n/d	73	1898.1	6	1720.8	479.3	25.6	182
1991	13.9	72	1122.8	6	965.5	370.9	25.4	132
1992	13.3	72	n/d	6	241.4	358.9	22.1	138
1993	13.5	70	1869	6	634.7	253.1	20.3	86
1994	13.7	75	1630.2	6	1209.1	482.5	47.6	128
1995	13.2	78	1750.9	7	1111.1	574.9	35.4	149
1996	13.0	75	1179	7	1044.3	526.7	20.1	160
1997	13.5	79	1588.7	6	1017.6	473.9	28.4	131
1998	13.9	69	1668.1	7	n/d	276.5	15.3	91
1999	13.3	68	1444.3	6	771.7	452.5	18.8	163
2000	13.0	70	1579.9	7	823	621	24.3	186
2001	13.4	68	1653.1	6	1073.9	390	18.8	141
2002	13.8	70	1702	6	931.5	365.3	25	132
2003	13.8	73	1828.1	6	1067	373.8	22.6	135
2004	14.0	72	n/d	6	1250.8	274.6	28.1	104
2005	13.9	71	n/d	6	n/d	373.6	24.6	91
2006	14.3	70	1750.4	6	n/d	433.2	26.2	130
2007	14.4	76	1534.5	n/d	n/d	581.8	26	n/d
2008	13.9	73	1536.6	6	n/d	627.4	25.4	148
2009	13.5	77	1493.9	6	n/d	668.5	22	n/d
PROM. =	**13.5**	**73.5**	**1612.8**	**6.2**	**1000.6**	**435.0**	**25.1**	**131.3**

Fuente: Estación M-057 Riobamba – Aeropuerto INAMHI.

Tabla 46: Precipitaciones Máximas 24 h Riobamba.

PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS													
ESTACIÓN: RIOBAMBA													
AÑO	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEPT**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
1984	7.6	20.2	8.2	13.6	18.0	35.4	8.7	7.4	3.5	16.6	17.0	12.0	35.4
1985	18.4	11.8	13.6	17.0	9.4	12.0	6.3	4.0	20.1	11.0	16.6	17.2	20.1
1986	10.0	13.8	23.4	19.5	9.1	28.4	4.2	3.9	2.0	7.4	11.0	9.1	28.4
1987	8.2	12.7	9.3	15.3	10.0	4.2	0.6	8.0	8.0	9.9	7.4	5.0	15.3
1988	2.0	9.6	12.1	18.8	9.5	17.3	6.7	2.7	9.4	12.0	10.0	4.4	18.8
1989	9.0	19.7	13.0	14.0	4.7	15.2	17.0	10.2	12.7	24.3	12.0	10.5	24.3
1990	52.0	10.8	18.8	14.7	16.6	8.7	3.7	13.3	8.3	6.4	17.5	6.8	52.0
1991	6.9	7.2	25.0	7.4	5.4	12.0	0.8	13.0	10.8	5.3	6.6	14.8	25.0
1992	9.8	12.0	13.0	12.4	10.4	10.5	7.4	10.4	16.4	14.8	16.4	16.2	16.4
1993	12.0	14.5	17.0	19.3	15.7	2.4	1.9	20.5	22.4	5.2	17.0	2.7	22.4
1994	1.4	7.2	18.3	4.5	7.6	6.7	2.7	8.9	48.3	37.5	11.4	19.5	48.3
1995	5.6	16.9	13.2	8.6	10.9	1.7	13.0	6.0	1.5	26.2	19.1	8.6	26.2
1996	11.4	12.6	18.4	37.5	9.1	8.7	35.6	29.8	16.7	15.3	25.3	7.8	37.5
1997	10.0	22.4	20.0	21.4	10.1	5.6	5.6	8.0	16.2	14.3	10.0	25.4	25.4
1998	13.3	12.3	15.7	16.2	18.4	5.4	5.3	22.0	4.6	8.0	16.5	7.4	22.0
1999	6.6	15.5	14.0	12.4	48.8	26.8	19.3	20.0	24.5	18.6	7.4	10.0	48.8
2000	7.9	11.5	26.2	19.8	34.2	25.6	35.4	13.4	9.9	8.6	5.6	13.7	35.4
2001	13.5	12.6	18.4	49.7	9.5	19.0	0.7	0.9	1.6	3.7	11.7	9.8	49.7
2002	11.4	28.0	19.9	16.5	33.6	15.6	31.8	15.2	13.3	9.7	5.4	6.1	33.6
2003	8.2	25.6	14.8	9.1	38.6	65.2	48.0	25.9	4.5	4.5	8.4	9.4	65.2
2004	8.7	5.8	16.3	11.7	8.3	17.6	40.0	22.1	5.9	7.6	4.5	2.9	40.0
2005	7.2	50.2	12.7	11.5	16.0	39.3	29.2	17.1	13.1	20.7	17.8	5.4	50.2
2006	4.4	29.3	12.0	22.5	7.2	5.2	1.6	0.4	10.2	5.0	3.0	1.1	29.3
2007	35.7	64.3	25.6	12.2	12.9	0.6	5.5	4.2	42.1	37.5	19.3	13.4	64.3
2008	7.5	9.8	11.9	19.4	11.0	15.7	2.0	20.5	8.3	64.1	47.6	37.3	64.1
2009	13.5	7.5	11.3	22.3	22.8	29.5	65.6	14.2	24.1	9.2	15.8	12.3	65.6
Prom	11.6	17.8	16.2	17.2	15.7	16.7	15.3	12.4	13.8	15.5	13.9	11.1	37.1
Max	52.0	64.3	26.2	49.7	48.8	65.2	65.6	29.8	48.3	64.1	47.6	37.3	65.6
Min	1.4	5.8	8.2	4.5	4.7	0.6	0.6	0.4	1.5	3.7	3.0	1.1	15.3

Fuente: Estación M-057 Riobamba – Aeropuerto INAMHI.

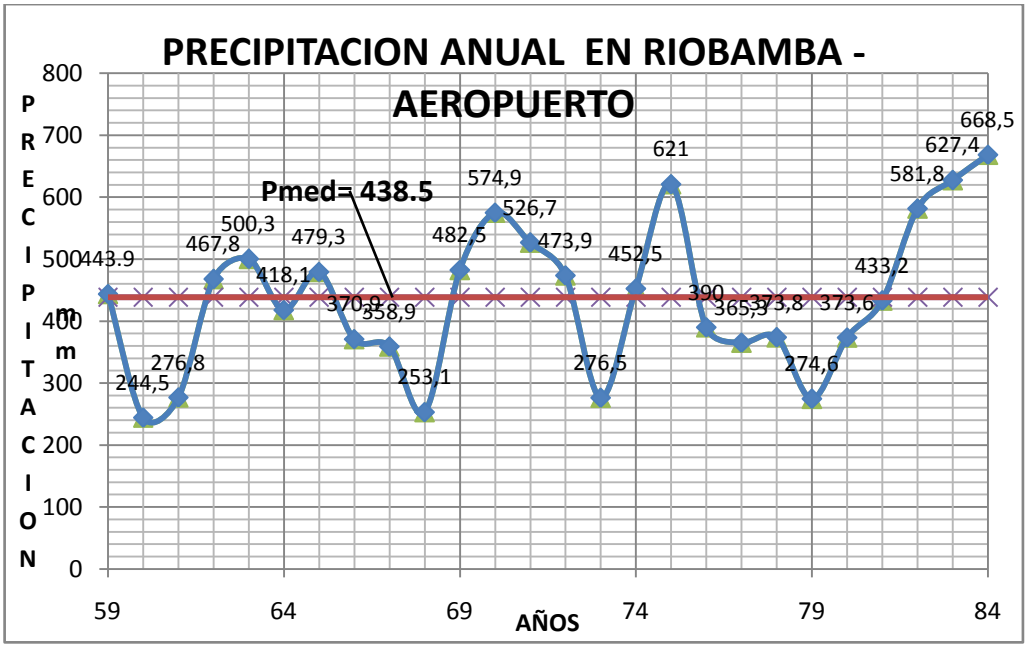


Fig. 74: Precipitaciones anuales

Fuente: Estación M-057 Riobamba – Aeropuerto INAMHI

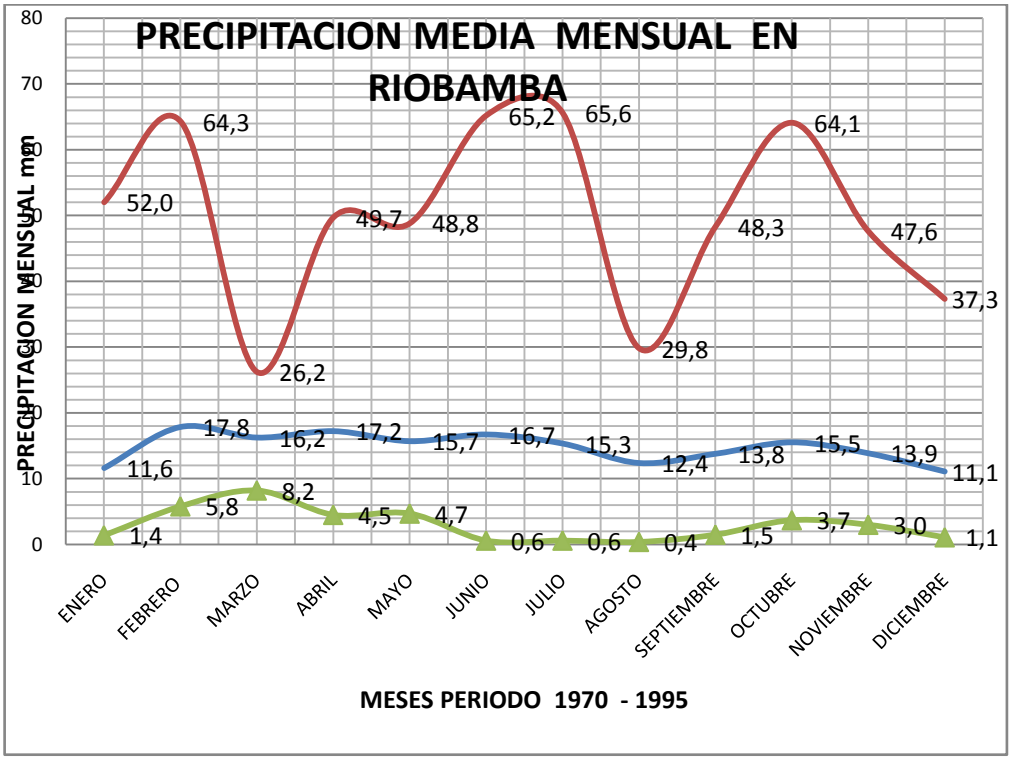


Fig. 75: Precipitaciones Máximas 24 h Riobamba

Fuente: Estación M-057 Riobamba – Aeropuerto INAMHI

6.5.5.6. Hidrografía

A lo largo del trazado vial existente se encuentran canales de regadío para uso agrícola que desembocan en el Rio Chambo y Chibunga.

6.5.5.7. Evaluación Y Diagnostico Del Sistema De Drenaje Vial Existente

Al tratarse de vías en operación que recibirá una intervención integral para su rehabilitación y mejoramiento hasta alcanzar las características geométricas de las calles del trazado urbano en algunos sectores y en otros de la sección típica de la Vía Riobamba –Chambo sobre terreno montañoso adoptada, es fundamental conocer el actual funcionamiento hidráulico y estado estructural de las obras de arte menor existentes con el fin de indicarle claramente al Constructor cuáles de ellas se mantendrán sin modificaciones, cuáles serán removidas, ampliadas, reemplazadas, reparadas o clausuradas, y cuáles de las que poseen suficiente capacidad hidráulica serán prolongadas hasta alcanzar las dimensiones señaladas en la nueva sección transversal típica propuesta.

Para cumplir con este propósito, se realizó en primer lugar un inventario físico en campo y luego la correspondiente evaluación hidráulica-estructural en gabinete, cuyas principales características y resultados se presentan a continuación.

En las inspecciones de campo se determinó las características de implantación de las obras de arte menor existentes y nuevas, especialmente las relacionadas con su geometría.

6.5.5.8. Levantamiento Fotográfico De Las Obras De Arte Menor.

Fig. 76: Calle Longitudinal 3

Fuente: Elaboración Propia.

Fig 77: Calle Longitudinal 3.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 78: Calle Transversal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 79: Calle Transversal 1.

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 80: Calle Longitudinal 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 81: Calle Transversal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 82: Calle Longitudinal 4.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 83: Calle Longitudinal 5.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 84: Calle Longitudinal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 85: Calle Longitudinal 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 86: Calle Transversal 5.

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 87: Calle Transversal 2.

Fuente: Elaboración Propia.

6.5.5.9. Caudales De Crecida.

a) Metodología

En las cuencas de interés del presente proyecto no existen estaciones hidrométricas; por lo tanto, en ausencia de series de datos de caudales máximos instantáneos y considerando las áreas de las cuencas, la determinación de los caudales de crecida para las obras de drenaje menor se realizó utilizando la fórmula racional.

Este método, es el más ampliamente utilizado por su simplicidad; es conocido que el método racional permite obtener resultados adecuados siempre que se utilice para cuencas pequeñas, cuyas áreas no excedan los 5 km2 y siempre que se seleccionen parámetros adecuados.

Consecuentemente, en el presente trabajo para el cálculo de los caudales máximos en cuencas menores a 5 km2 se adoptó el método racional, cuya expresión general está dada por:

$$\boldsymbol{Q_{p=\frac{1}{3.6}*CiA}}$$

Donde:

Q = caudal de crecida (m3/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación (l/s ha)

A = Área de drenaje (ha)

Para el diseño de las estructuras de drenaje se ha tomado las ecuaciones de flujo uniforme como si fueran canales abiertos, es decir que trabajara a sección parcialmente llena.

La formula a aplicar será la siguiente para su sección transversal:

$$D = \frac{Q}{1.425}^{\frac{2}{5}}$$

Donde:

Q = caudal de crecida (m3/s)

D = diámetro de la sección circular (m)

El área y la intensidad de la lluvia son características físicas y climatológicas de la cuenca y pueden obtenerse de la cartografía y de las curvas IDF respectivamente, mientras que, los parámetros de diseño requeridos para este método, son el tiempo de concentración y el coeficiente de escurrimiento. El primero, para determinar la duración de la lluvia a utilizar y el segundo para evaluar la respuesta hidrológica de la cuenca.

b) Tiempo de Concentración

Es el tiempo que se demora la gota de lluvia que se encuentra en la parte más lejana de la cuenca o área a drenar hasta llegar al lugar que deseemos que drene.

Para nuestro proyecto el tiempo de concentración se calculará con dos formulas, la primera se utilizará para calcular tiempos de concentración en los lugares donde se tenga cuencas, y otro fórmula en los lugares donde no exista la presencia de cuencas.

Tiempos de Concentración para cuencas

$$Tc = 0.9466\left(\frac{Lr}{\sqrt{Yr}}\right)^{0.77}$$

Donde,

Tc = tiempo de concentración (en horas),

Lr = longitud del cauce principal (en km),

Yr = cota mayor

Tiempos de Concentración donde no existan cuencas

$$Tc = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc tiempo de concentración, minutos

L longitud del cauce principal, metros

H desnivel medio de la cuenca, metros

Las cuencas con áreas mayores a 5 km2 también se han calculado a nivel de verificación de las estructuras existentes (puentes).

c) Periodo de Retorno

Es la frecuencia, o intervalo de recurrencia, es decir, el número de años promedio en el cual el evento puede ser igualado o excedido cuando menos una vez. En el entendido, que el riesgo es mayor, cuanto menor es el periodo de retorno o recurrencia.

El sistema menor de drenaje "cunetas" deberá ser diseñado para un periodo de retorno mínimo de 10 años. El periodo de retorno está en función de la importancia económica.

El sistema de drenaje "Alcantarillas" deberá ser diseñado para un periodo de retorno de 25 años.

El diseñador podrá proponer periodos de retorno mayores a los mencionados según su criterio le indique que hay mérito para postular un mayor margen de seguridad debido al valor económico.

En tablas del INAMHI se encuentran los I24 TR, para tiempos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 años para la Estación Pluviografica: Riobamba – Aeropuerto.

Tabla 47: Información Pluviográfica de la Estacion Riobamba – Aeropuerto.

CÓDIGO	ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (m.)	Tr (años)				
		LATITUD	LONGITUD		5	10	25	50	100
M – 057	RIOBAMBA - AEROPUERTO	01° 38' 00S	78° 40' 00" W	2796	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8

Fuente: Estación M-057 Riobamba – Aeropuerto INAMHI

d) Intensidad de Precipitación (I)

Los datos meteorológicos, necesarios para el cálculo de las crecidas, consisten en las intensidades de diseño para diferentes periodos de retorno, considerando duraciones el mismo orden de magnitud que los tiempos de concentración de cada cuenca.

El cálculo se efectúo a partir de las intensidades obtenidas de las curvas Intensidad - Duración – Frecuencia elaboradas con los datos de la estación Riobamba – Aeropuerto (M – 057) ubicada en la zona 33 del grafico zonificación de intensidades de Precipitación del INAMHI.

Sobre la base de los datos generados por el Estudio de Lluvias Intensas publicado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en 1999. Las curvas IDF obtenidas se presentan en el cuadro siguiente:

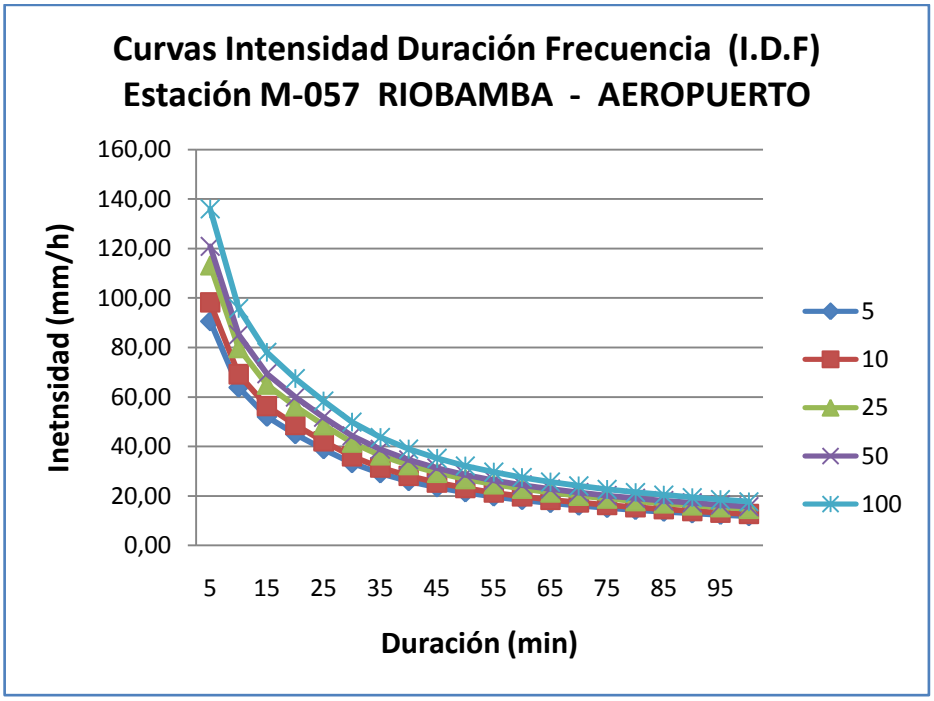


Fig. 88: Curvas de Intensidad Duración Frecuente-Intensidades (mm/h).

Fuente: Estación M-057 Riobamba – Aeropuerto (INAMHI).

Ecuación Representativa de la Zona Nº 33.

$$I_{d,TR} = 170.39 * t^{-0.5052} * I_{24,TR} \quad para \ t > 5min < 23min$$

$$I_{d,TR} = 515.76 * t^{-0.8594} * I_{24,TR} \quad para \ t > 23min < 1440min$$

Para el proyecto vial en estudio se calculò las Intensidades para diferentes Tiempos de Retorno

Tabla 48: Intensidades (mm/h).

Tiempo (tc)	**Periodo de Retorno TR (años)**				
min	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
5	90,68	98,24	113,35	120,91	136,02
10	63,89	69,21	79,86	85,19	95,83
15	52,06	56,39	65,07	69,41	78,08
20	45,01	48,76	56,27	60,02	67,52
25	38,93	42,17	48,66	51,90	58,39
30	33,28	36,05	41,60	44,37	49,92
35	29,15	31,58	36,44	38,87	43,73
40	25,99	28,16	32,49	34,65	38,99
45	23,49	25,45	29,36	31,32	35,23
50	21,46	23,24	26,82	28,61	32,18
55	19,77	21,42	24,71	26,36	29,65
60	18,34	19,87	22,93	24,46	27,52
65	17,12	18,55	21,41	22,83	25,69
70	16,07	17,41	20,08	21,42	24,10
75	15,14	16,40	18,93	20,19	22,71
80	14,33	15,52	17,91	19,10	21,49
85	13,60	14,73	17,00	18,13	20,40
90	12,95	14,03	16,18	17,26	19,42
95	12,36	13,39	15,45	16,48	18,54
100	11,83	12,81	14,78	15,77	17,74

Fuente: Elaboración Propia.

e) Coeficiente de Escorrentía.

Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendientes longitudinales y cobertura vegetal.

En el método racional la estimación del coeficiente de escurrimiento resulta muy difícil y es la mayor fuente de incertidumbres. Este coeficiente debe tomar en cuenta todos los factores que afectan la relación entre el caudal pico y la

intensidad de lluvia promedio, adicionalmente al área de drenaje y al tiempo de respuesta de la cuenca.

Los valores de diseño se obtienen usualmente de cuadros con valores sugeridos de las normas del diseño geométrico.

Tabla 49: Coeficientes de Escorrentía C.

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNC	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPREC
		> 50 %	20 %	5 %	1 %	< 1 %
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS, VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES, DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Normas de Diseño Geométrico Vial.

Además se considera que el valor de C se incrementa cuando el período de recurrencia crece, así C representa la no linealidad de la respuesta del flujo. En consecuencia, el coeficiente de escurrimiento representa el juicio y la experiencia del diseñador, más que un dato exacto. En el presente trabajo, dada la similitud en las características de las cuencas estudiadas, se adoptó un valor de C = 0.40 correspondientes a un tipo de suelo semipermeable, y pendientes de terreno del 4%.

6.5.5.10 Áreas De Aportación

Para determinar las áreas de aportación realizaremos un cálculo aproximado con los datos:

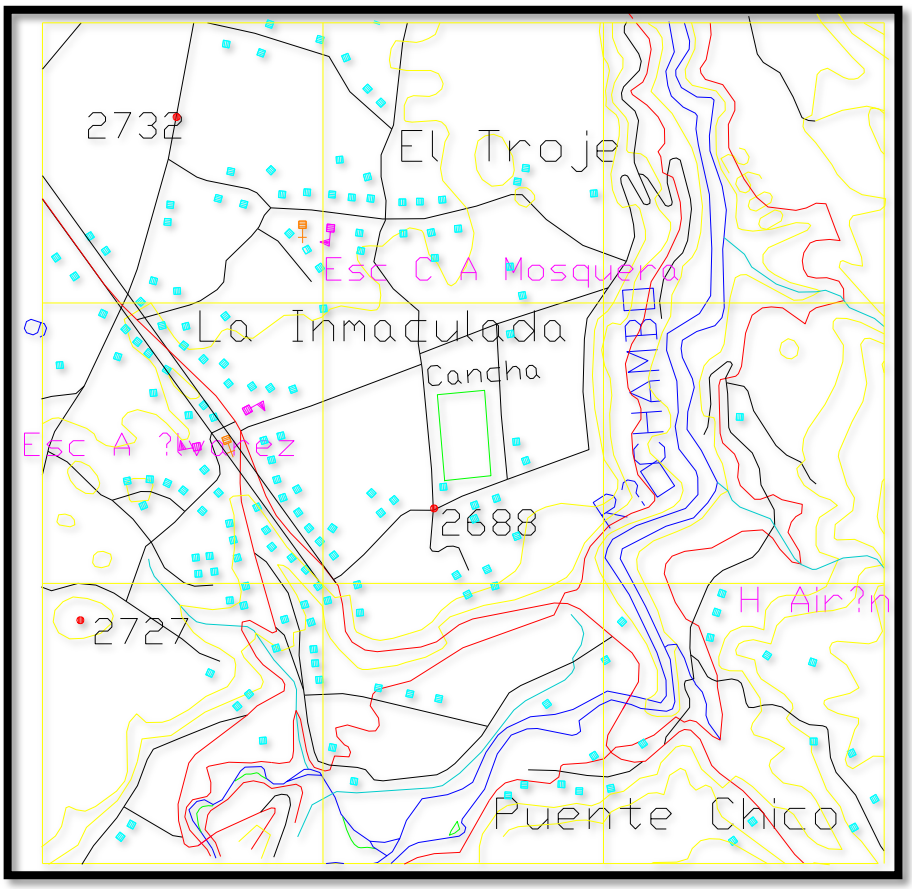


Fig. 89: Áreas a portantes

Fuente: Carta Topográfica Cantón Riobamba-Instituto Geográfico Militar IGM.

Longitud.- Se obtiene de abscisa total del proyecto 5 Km.

Ancho.- El ancho se lo determinará de acuerdo a las características propias de cada tramo de la vía.

El procedimiento para determinar el ancho de la faja de aportación fue el siguiente:

- Se realizó el levantamiento topográfico en el campo, se hizo el trazado del proyecto, luego se procedió a determinar los canales de agua de regadío.

Se delimitó a continuación el área de aportación de cada tramo del proyecto, marcando las líneas de cumbre y estableciendo el divorcio de aguas, y valiéndose de elementos topográficos antes expuestos, calcular el área comprendida entre ellas que aporta a cada cuenca.

- El área de aportación calculada servirá para posteriormente determinar el caudal de diseño, el mismo que servirá para el diseño de obras de drenaje.
- En la zona de influencia del proyecto se han localizado algunas canales de riego de uso agrícola: en base a las áreas de aportación de los canales se calculará el caudal de aportación y con esto se diseñarán las obras de drenaje.

6.5.5.11 RESULTADOS.

A partir de las intensidades de corta duración definidas en las curvas IDF, y con los valores para un tiempo de concentración de 10 minutos, se determinaron los parámetros para el cálculo de los caudales pico de crecida para varios periodos de retorno y para diferentes áreas de drenaje, utilizando la fórmula racional.
Los resultados para cuencas de drenaje definidas sobre cartografía 1:50000 se presentan para periodos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años. Estos valores pueden ser utilizados para el diseño de las obras de drenaje menor de la vía.

a) Cunetas laterales

La cuneta recomendada para el presente estudio es de forma triangular de 0,30 m. de profundidad y de 0.60 m. de ancho (ver detalle de la sección típica) revestida con hormigón simple de f'c=180 kg/cm^2.

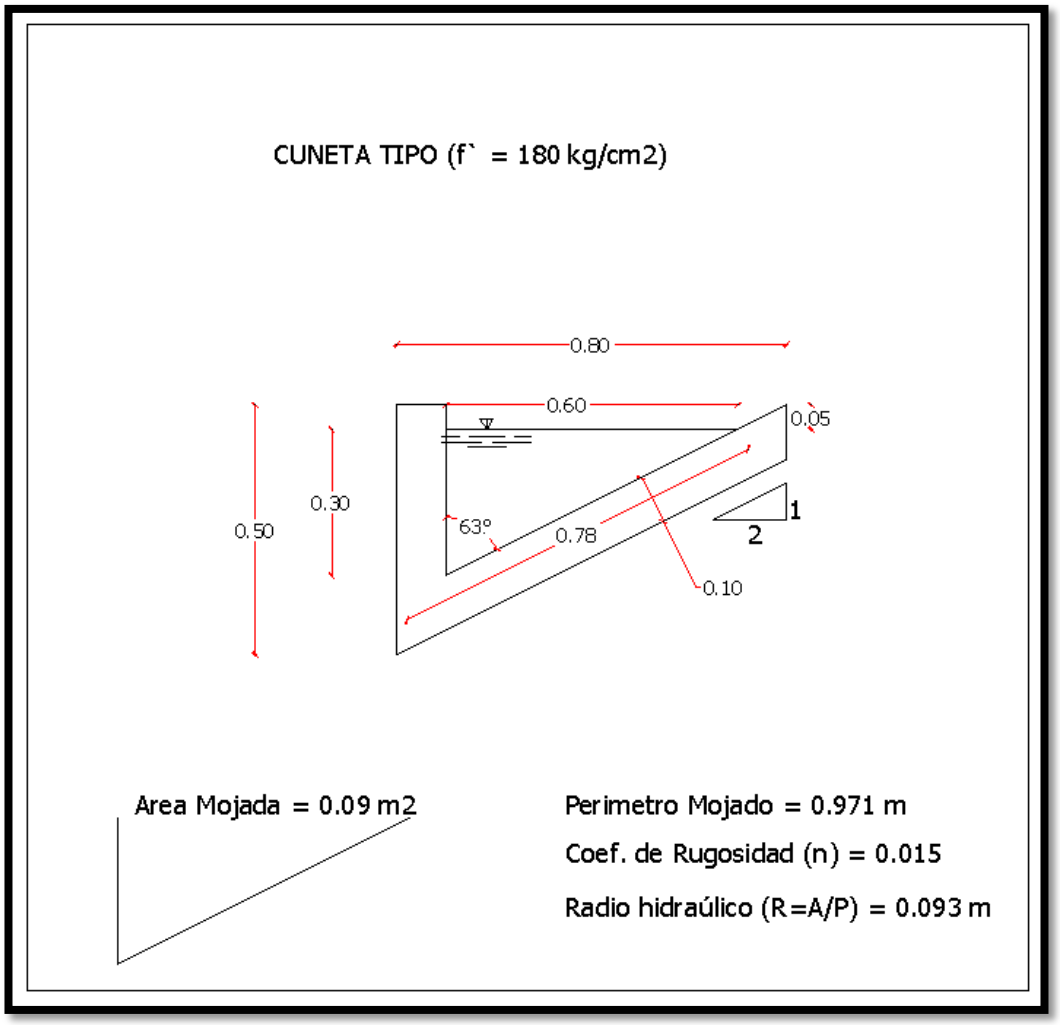


Fig. 90: Detalle de Cuneta Tipo.

Fuente: Manual de Vías del Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

Las cunetas se colocarán a los dos lados de la vía, es decir aproximadamente 5.00 Km.

Estas estructuras tienen como misión fundamental la de colectar y conducir la escorrentía superficial producto de la precipitación pluvial, la cual procede desde la calzada y taludes de corte adyacentes, adoptándose las dimensiones y características señaladas en las secciones típicas propuestas de la vía para una longitud determinada en dependencia del caudal transportado.

En el análisis de estas estructuras se ha considerado la siguiente expresión para el aporte de las aguas lluvia:

$$\mathbf{Q_t = Q_1 + Q_2}$$

Donde:

Q_t Caudal total a ser evacuado, m^3/s.

Q_1 Caudal aportado por el talud de corte, m^3/s.

Q_2 Caudal aportado por el semiancho de la vía, m^3/s.

Tabla 50: Coeficientes de Escorrentía para ser Utilizados en el Método Racional.

Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00

Fuente: Manual de Vías del Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

Para la obtención de caudales se utiliza el método racional con un coeficiente de escorrentía "C_1" equivalente a 0,40 para el talud de corte, "C_2" de 0,85 para la superficie de la calzada considerando que quedara la vía asfaltada, y una intensidad horaria "I" de 69.21 mm/h correspondiente a un período de retorno de 10 años y duración de aguacero de 10 minutos.

El área considerada como aporte del talud de corte se ha estimado para una altura promedio de 40 m. y la correspondiente al semiancho de la vía equivale a una longitud de 3.50 m, de acuerdo a la sección típica.

En resumen, la primera expresión se explicita de la siguiente manera:

$$\mathbf{Q = [(C_1 * A_1 + C_2 * A_2) * I * L * 10^{-6}] / 3{,}60}$$

En la que, sustituyendo por los valores anteriormente indicados, resulta:

$$\mathbf{Q = ((0{,}40 * 40 + 0{,}85 * 3.50) * 69.21 * L * 10^{-6}) / 3{,}60 = 0{,}00036481 * L}$$

Esta última magnitud se compara con la capacidad hidráulica de la cuneta propuesta, resultando dos ecuaciones que expresan la longitud y velocidad de la cuneta lateral en corte en dependencia de su gradiente longitudinal, es decir:

$$\mathbf{Q = (A/n) \bullet R^{2/3} \bullet S^{1/2} = 1{,}23 \bullet S^{1/2}}$$

Ecuación que al ser comparada con la inmediatamente anterior, da como resultado las que siguen:

$\mathbf{L = 3376 \bullet S^{1/2}}$	$\mathbf{V = 13.68 \bullet S^{1/2}}$

b) Gradiente, Longitud Máxima, Velocidad.

DATOS:

C2 = 0,85

I = 69.21mm/h

N = 0,015

A = 0,09 m2

P = 0.971 m

R = 0,093 m

V máx = 3,0 m/s

Tabla 51: Indicadores de Gradientes Longitudinales.

GRADIENTE	L (TOTAL)	Q (m3/s)	V (m/s)	VIA
1.00%	640	0.233	1.37	Longitudinal 1
1.00%	430	0.157	1.37	Longitudinal 2
1.00%	643	0.235	1.37	Longitudinal 3
1.00%	270	0.098	1.37	Longitudinal 4
1.00%	163	0.059	1.37	Longitudinal 5
2.00%	818	0.298	1.93	Transversal 1
2.00%	330	0.120	1.93	Transversal 2
2.00%	353	0.129	1.93	Transversal 3
2.00%	318	0.116	1.93	Transversal 4
4.00%	592	0.216	2.74	Transversal 5
4.00%	116	0.042	2.74	Secundaria Longitudinal 1
4.00%	80	0.029	2.74	Secundaria Longitudinal 2
4.00%	153	0.056	2.74	Secundaria Longitudinal 3
2.00%	28	0.010	1.93	Secundaria Transversal 1
2.00%	98	0.036	1.93	Secundaria Transversal 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Resumen de Indicadores de Gradientes Longitudinales.

GRADIENTE	L (TOTAL)	Q (m3/s)	V (m/s)	VIA
0.00%	0	0.000	0.00	
1.00%	2146	0.783	1.37	Longitudinal 1, 2, 3, 4, 5
2.00%	1945	0.710	1.93	Transversal 1, 2, 3, 4 y Secundaria Transversal 1, 2
4.00%	941	0.343	2.74	Transversal 5 y Secundaria Longitudinal 1, 2, 3

Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro nos indica con la gradiente longitudinal, cuanta longitud puede funcionar nuestra cuneta propuesta sin rebasar la velocidad admisible.

Puesto que la capacidad hidráulica de la sección adoptada depende de sus dimensiones y gradiente longitudinal, en el siguiente gráfico adjunto se presenta la máxima longitud a la que teóricamente es posible descargar el escurrimiento superficial conducido por la cuneta lateral para una pendiente longitudinal determinada y velocidad máxima admisible (3,00 m/s).

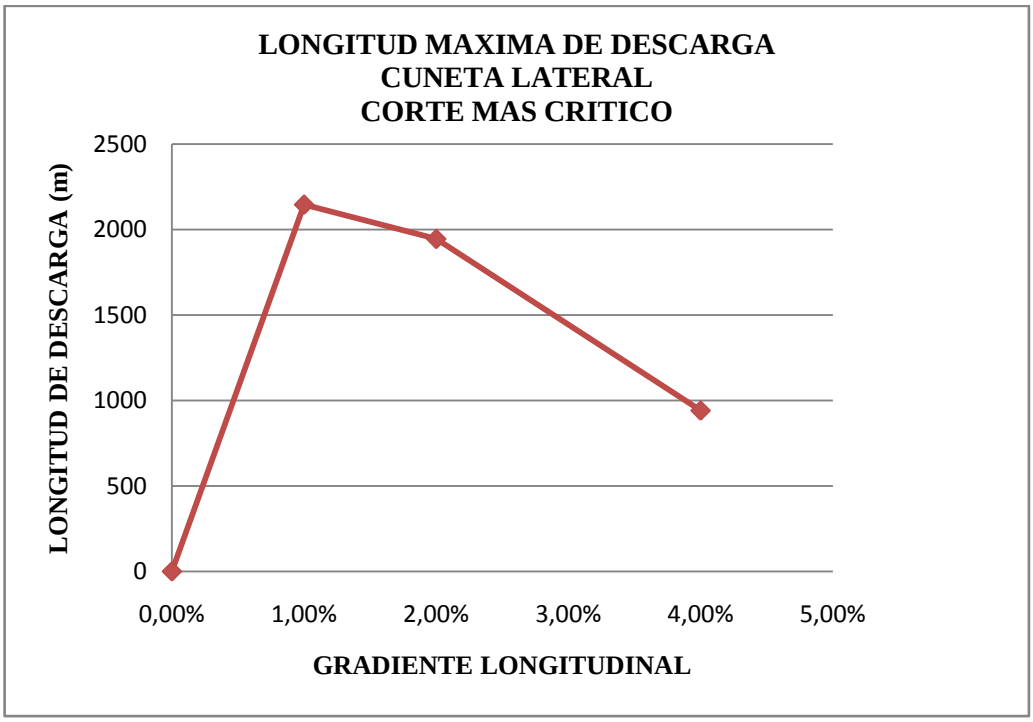


Figura 91: Indicadores de gradientes longitudinales

Fuente: Elaboración propia

6.5.5.12. Conclusiones Y Recomendaciones del Estudio de Alcantarillado Pluvial

El sistema de drenaje de la nueva vía incorpora una serie de mejoras en relación con lo que se tiene en la vía actualmente:

- *La vía contará con 5 km de cunetas laterales revestidas con hormigón simple f´c=180 kg/cm2*, cuyas descargas se realizan directamente a cursos de agua o depresiones por las cuales se produce el escurrimiento en forma natural, a fin de que no se provoque ningún problema nuevo aguas abajo.

- Para la determinación de los caudales de diseño se utilizó *el Método Racional.*

- El coeficiente de escorrentía fue adoptado en cada caso particular en dependencia del tipo de suelo, gradiente del terreno, condiciones de permeabilidad, uso del suelo y cobertura vegetal.

- Para el dimensionamiento hidráulico de cunetas, se adoptó una intensidad de lluvia correspondiente a un *período de retorno de 10 años* y la duración mínima del aguacero equivalente a 10 minutos.

- La velocidad máxima de escurrimiento del agua se ha limitado en el diseño hidráulico a 3,00 m/s en zampeados y a 5,00 m/s en superficies de hormigón o metálicas.

- Todo curso natural o paso de agua localizado en el proyecto vial será conducido por una obra de drenaje superficial que permite captar, conducir y evacuar su caudal; realizándose su implantación de tal manera que se obtenga la menor longitud posible del conducto, siempre y cuando se garantice el buen funcionamiento del drenaje y estabilidad de la obra básica de la vía.

6.8 DISEÑO ORGANIZACIONAL.

Considerando la necesidad urgente de aplicación nuevos proyectos para el desarrollo de la zona de estudio, se procederá con la entrega de la propuesta de esta investigación a los habitantes del Área de Expansión Urbana Sector La Inmaculada-El Troje, representados por los Dirigentes de los Barrios La Inmaculada y El Troje, para que sea presentada a las Autoridades y Organismos Seccionales (GADM Riobamba y EP-EMAPAR) con el objeto de que las alternativas sean analizadas para su posible aplicación, todo esto se presenta como una propuesta para intervención inmediata, a diferencia de lo planteado por la EP-EMAPAR en los Planes Mestros de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba, que plantean la ejecución de obras para el sector a partir del año 2025 hasta el año 2040 , es decir, en la Segunda Etapa.

Figura 92: Diseño Organizacional para Aplicación de la Propuesta
Fuente: Elaboración propia

6.7 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Para lo referente al monitoreo y evaluación de la propuesta se propondría a la Escuela de Ingeniería Civil de la UNACH, el seguimiento del tema de investigación por parte de estudiantes y catedráticos de las asignaturas de Agua Potable y Alcantarillado, para la posterior evaluación objetiva de los logros conseguidos con la aplicación de alternativa entregada al final de la investigación, que luego de un diagnóstico ulterior podrán ser verificados y cuantificados, es decir si se cumplió con la prognosis del estudio.

Esto generaría nuevos temas para proyectos de investigación en los campos antes mencionados, así como también en el área de Salud Pública, que se encuentra directamente relacionada a esta investigación.

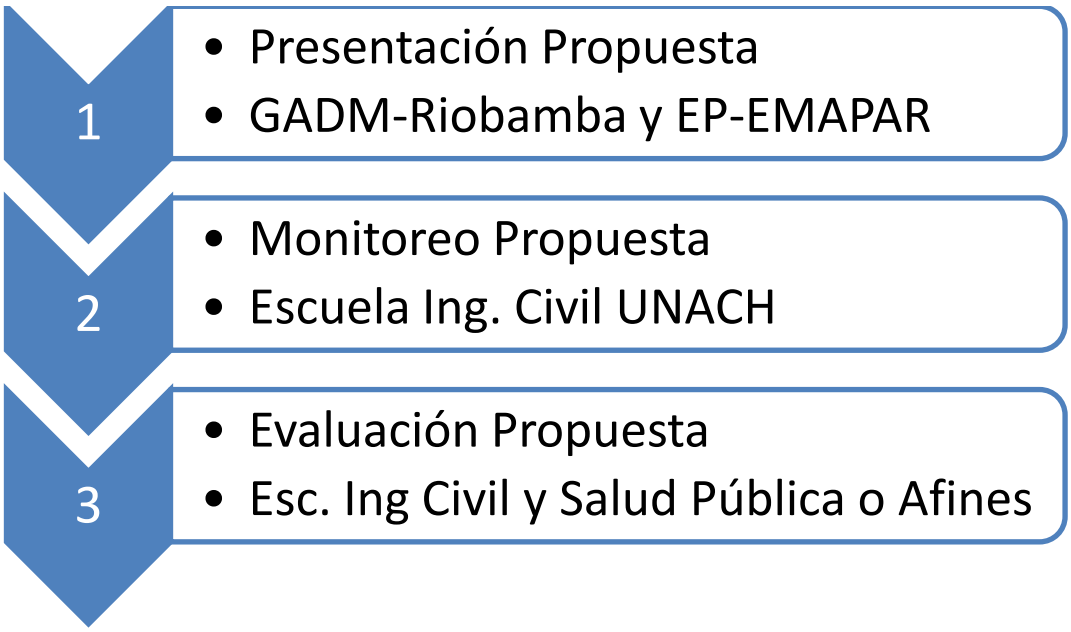


Figura 93: Monitoreo y Evaluación de la Propuesta

Fuente: Elaboración propia

6.9. BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS EX - IEOS (1986). Normas de Diseño para sistemas de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos. Consulta Pública. Ecuador.

NORMAS SSA (1995). Proyecto de Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. Ecuador.

EP-EMAPAR (2008). Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba. Ecuador**.**

Mc GHEE, Terence. (1999). Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado. Segunda edición. Mc Graw-Hill. Colombia.

LÓPEZ CUALLA. Ricardo Alfredo. (2003). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado. Segunda edición. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.

UNDA OPAZO, Francisco (1969). Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. México.

METCALF & EDDY INC, (1977). Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales. España.

CRITES, Ron; ITCHOBANOGLOUS, Jorge (1977). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. España.

URALITA (1977), Manual de Depuración. España.

OPS/CEPIS/05.164 UNATSABAR (2005), Especificaciones Técnicas Para la Construcción de Tanques Imhoff. Perú.

EPANET, V 2.0. Manual del Usuario.

CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN (2012). Lista de Materiales. Quito - Abril.

FERRO HIDRÁULICA (2012). Lista de Precios. Riobamba. Mayo – Junio.

PLASTIGAMA (2012). Precios y Especificaciones. Riobamba - Junio.

NORMAS RAS-2000. (2000). Reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Primera Edición. Colombia.

NOVAFORT, Plastigama de Amanco. (2001) Sistema de tuberías PVC corrugadas doble pared y accesorios para alcantarillado, Manual Técnico.

www.inec.gob.ec (2012). Indicadores Económicos.

es.wikipedia.org (2012).

7. APÉNDICES Y ANEXOS.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estas Especificaciones Técnicas cubren los siguientes aspectos:
a) Aspectos Generales de la Construcción: Obra Civil y Mano de Obra
b) Materiales
c) Tuberías y Válvulas
d) Equipos

a) **Aspectos Generales de la Construcción**
Este Capítulo cubre las actividades básicas de Ingeniería Civil relacionados con la ejecución de la obra. Estas Especificaciones Técnicas recogen la experiencia y los criterios de los Códigos de Buena Práctica en la Construcción.

b) **Materiales**
Las Especificaciones Técnicas de los Materiales se fundamentan en Normas Ecuatorianas y en Normas Internacionales reconocidas por el INEN. Para el caso de: cemento, hormigones y productos fabricados con cemento se utilizaron Normas ASTM a pesar de existir Normas INEN por cuanto, la Norma INEN 152 Cemento Portland Tipo I está en revisión por encontrarse obsoleta.
La Norma ASTM seleccionada para el cemento es la ASTM C 150 última edición "Cemento Portland. Requisitos". En el Ecuador, se oferta Cemento Pórtland Tipo I que corresponde a ASTM C 150 y Cemento Portland Tipo I.E INEN 1452 que corresponde a un Cemento Portland Puzolánico (80% clinquer de Portland más un 20% de "substancias potencialmente activas") que no corresponden exactamente a un Cemento Portland Tipo I. Por otra parte, la Norma INEN 152 "Cemento Portland. Requisitos" actualmente es obsoleta ya que se corresponde con la Norma ASTM C 150 del año 1970. La Norma ASTM C 150, a partir de 1980, elevó los parámetros críticos del cemento, logrando un producto de mejor calidad.
En cambio, la Norma INEN 152, al conservar los parámetros dados en el año 1970, es inferior en calidad, resistencia y tiempo de fraguado incluso a los cementos mezclados con puzolas.
Por razones anteriores, se ha preferido utilizar toda la gama de Normas ASTM en su edición más recientes, para el cemento, hormigón, obras de hormigón y productos elaborados con cemento.
En caso de que el Constructor desee utilizar cementos Portland-Puzolánicos, demostrará en base a pruebas de laboratorio, la confiabilidad de dicho cemento. El costo de los análisis en laboratorio será a cargo del constructor. La autorización de uso del cemento Portland Puzolánico debe ser dada por Fiscalización del proyecto.

c) **Tuberías y válvulas**
Este Capítulo comprende las Especificaciones de Tuberías y Válvulas en base a Normas Internacionales reconocidas.

d) **Equipos**
Este Capítulo cubre lo referente a equipos especiales a instalarse en la obra. Igualmente, las Normas Técnicas de referencia son Normas Internacionales cuando no existan Normas INEN actualizadas.

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA
OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

1.- Replanteo y nivelación.

Definición

Es la ubicación del proyecto en el terreno, sobre la base las indicaciones de los planos respectivos, como paso previo a la construcción.

Los trabajos de replanteo serán realizados con personal técnico, capacitado y experimentado utilizando aparatos de precisión, tales como teodolitos, niveles, cintas métricas, etc. Se colocará mojones de hormigón perfectamente identificado con la cota y abscisas correspondientes; su número estará de acuerdo a la magnitud de la obra y necesidades de trabajo. En estaciones de bombeo, lagunas de reserva, planta de potabilización se colocarán como mínimo dos mojones.

Proceso

Pueden ser efectuadas mediante el empleo de equipos mecánicos.

Las operaciones de replanteo y nivelación se efectuarán previamente a la ejecución de los trabajos de construcción, con la anticipación necesaria para no entorpecer el desarrollo de esta.

Forma de Pago

La forma de pago se efectuara por m2, en dimensiones efectivamente determinadas por fiscalización con una aproximación de dos decimales.

2.- Desbroce y Limpieza

Definición

Consiste en cortar, desenraizar, quemar y retirar árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación de las áreas de construcción, de derecho de vía o de aquellos lugares que ordene Fiscalización de la obra.

Proceso

Pueden ser efectuadas a mano o mediante el empleo de equipos mecánicos.

Toda la materia vegetal proveniente del desbroce se colocará a 3m a la redonda o fuera de las zonas destinadas a la construcción, en los sitios donde señale Fiscalización.

Los daños y perjuicios a propiedad ajena producidos por trabajos de desbroce efectuados ilegalmente serán de responsabilidad del Constructor.

Las operaciones de desbroce se efectuarán previamente a la ejecución de los trabajos de construcción, con la anticipación necesaria para no entorpecer el desarrollo de esta.

Forma de Pago

La forma de pago se efectuara por m2, en dimensiones efectivamente determinadas por fiscalización con una aproximación de dos decimales.

3.- Excavación a mano.

Definición

Consiste en remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para colocar mampostería, hormigones y otras obras. Deberán tener el ancho suficiente para permitir el encofrado.

Proceso

Las excavaciones se realizarán de acuerdo a los datos del proyecto, con herramientas manuales y cuidando en todo momento no desviar el sitio de la planta (tratamiento), excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos que tienen que ser superados de conformidad con el criterio de Fiscalización.

Cuando a juicio de Fiscalización el terreno en el fondo o plano de fundación tenga poca resistencia o sea inestable, se realizará sobre excavaciones hasta hallar suelo resistente o se buscará una solución adecuada.

Cuando se realice sobre excavación, se rellenará hasta el nivel requerido utilizando tierra, material granular u otro material aprobado por Fiscalización; la compactación se realizará con un adecuado contenido de agua, en capas que no excedan de 15 centímetros de espesor y con el empleo de un compactador mecánico.

Cuando en estas especificaciones o en los planos se requieran pruebas de compactación, la relación densidad- humedad relativa deberá determinarse de acuerdo con la norma ASTM D698, método D para proctor estándar y ASTM D1557, método D para proctor modificado

Forma de pago

Se pagara por m3 excavado medido respecto al nivel natural del terreno, con una precisión de dos decimales.

4.- Encofrados y Desencofrados de Muros y Losas

Definición

Los encofrados, construidos de madera, serán fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del hormigón sin desplazamientos laterales o verticales.

Los encofrados para tabiques o paredes delgadas estarán conformados por tableros compuestos de tablas y bastidores de madera de monte de un espesor adecuado al objetivo del encofrado, pero en ningún caso menor de 1cm.

Proceso

Estos tirantes y los espaciadores de madera formarán el encofrado de madera de monte dura y fijada a plomo y nivel empleando puntales de caña guadua en el numero que sea necesario para su solides y evitar la fuga de hormigón colocado.

El Constructor someterá a la aprobación de Fiscalización los diseños y construcción de los encofrados, incluyendo detalles de montaje, sujeción, operación y desmontaje.

Luego que los encofrados para las estructuras de hormigón hayan sido colocados en su posición final, serán inspeccionados por Fiscalización para comprobar que son adecuados en construcción, colocación y resistencia. Fiscalización podrá exigir al Constructor el cálculo de los elementos encofrados que lo considere necesario.

Todo encofrado que presente defectos o alabeos será rechazado y reemplazado a cargo del Constructor.

El uso de vibradores exigirá el empleo de encofrado más resistentes que cuando se usen métodos de compactación manual.

Antes de proceder al vaciado del hormigón, las superficies del encofrado estarán limpias y libres de incrustaciones de mortero o sustancias extrañas y recubiertas con una capa fina de vaselina pura, parafina o algún aceite comercial que evite la producción de manchas o reacciones adversas del cemento en la superficie del hormigón a la vista, y para facilitar la remoción posterior de los encofrados.

Para evitar esfuerzos excesivos en el hormigón, que resultan del hinchamiento de los encofrados, las formas de madera para aberturas serán aflojadas tan pronto como sea posible, sin ocasionar daño en el hormigón. Los encofrados se removerán cuando la resistencia del hormigón evite la formación de fisuras, grietas, desconchamientos o rupturas de aristas. Toda imperfección será inmediatamente corregida.

Forma de pago

Se pagara en m2 de encofrado, con una aproximación de dos decimales.

5.- Rellenos para los filtro anaeróbico.

Definición

Los rellenos con grava, arena o piedra triturada para la formación de los filtros, tendrá la granulometría indicada en los planos. Estos materiales serán cribados y lavados si fuera necesario. Para la formación de filtros los materiales serán colocados de tal forma que las partículas de mayor diámetro se coloquen en contacto con la estructura y las de menor diámetro en contacto con el terreno natural, salvo indicaciones en contrario del proyecto.

Proceso

La arena se colocara manualmente, dependiendo las capas dispuestas por el diseñador del filtro.

Forma de Pago

Se pagara en m3 de material, con una aproximación de dos decimales.

6.- Instalación accesorio de salida y rebose.

Definición

Implementación de accesorios de salida y rebose de agua.

Salida de agua: Parte por donde sale el agua se conectara al desfogue en la cual estará a una distancia que estará a una distancia considerada alejada de la planta.

Rebose: tubería de PVC que permite evacuar el exceso de agua del tanque sedimentadores, imhoff y filtro, por encima de los bordes al exceder de su capacidad hasta derramarse.

Fiscalización inspeccionará cada unidad para eliminar las que presenten defectos en su fabricación. Las piezas defectuosas no se emplearán en la obra.

Proceso

Los tramos cortos que sirvan de pasa muros se instalarán antes de la construcción de los muros.

Por instalación de accesorios y más piezas especiales se entenderá el suministro, la colocación, la instalación y las pruebas a que tengan que someterse todos los elementos.

Forma de Pago

Se pagara por unidad de tubería y accesorios debidamente instalados en el sitio destinado y de acuerdo al diseño de los planos.

7.- Acero de Refuerzo F’y=4200kg/Cm2.

Definición

El acero principal de refuerzo será corrugado y cumplirá con las especificaciones de las normas ASTM-A 615, ó ASTM-A 617.

Los refuerzos en espiral podrán fabricarse con barras lisas de acero, de grado 60, conforme ASTM-A 615 ó ASTM 617, en lugar de las barras corrugadas. No se utilizarán varios grados de acero de refuerzo en una misma estructura.
El alambre para uso como acero de refuerzo cumplirá con la ASTM-A 82.
Las mallas metálicas soldadas cumplirán con ASTM-A 185.
Cada lote de acero de refuerzo se rotulará en fábrica, indicando el nombre de la fábrica y el número del lote. Este rótulo será metálico sujeto con un sello de plomo y colocado en un lugar visible para facilitar la identificación. El Constructor suministrará los certificados de calidad del acero de refuerzo; o realizar análisis de ensayos mecánicos. Podrá presentar copias certificadas por el INEN de los ensayos hechos en fábrica, indicando los resultados de los análisis mecánicos, físicos y químicos requeridos por las especificaciones del material.
Toda armadura será aprobada por Fiscalización antes de la colocación del hormigón, cualquier variación se consultara a fiscalización

Proceso

Es el conjunto de operadores necesarios para cortar, doblar, formar ganchos y colocar las varillas de acero de refuerzo utilizadas para la formación del hormigón armado.
El Constructor suministrará todo el acero de acuerdo a la cantidad y a la calidad estipulada en los planos. Estos materiales serán nuevos y aprobados por Fiscalización. El acero usado o instalado por el Constructor sin la respectiva aprobación de Fiscalización será rechazado, retirado de la obra y reemplazado por el acero adecuado.
Se mantendrán en la posición correcta de manera que no sufran desplazamientos durante el vaciado del hormigón hasta al fraguado inicial, para lo cual se emplearán espaciadores, sillas y colgadores metálicos, aseguradas con alambre número # 16 o mediante cualquier otro dispositivo adecuado para resistir el aplastamiento bajo acción de la carga.
El Constructor comprobará y completará, si es necesario, los planos de detalle de las armaduras de refuerzo, los cuales incluirán la localización de las barras, diagramas de doblado, y planillas de barras con sus dimensiones y pesos correspondientes. Estos planos y datos serán entregados a Fiscalización para su aprobación, por lo menos 20 días antes de la fecha programada para iniciar la colocación del acero de refuerzo.
No se admitirá la colocación de varillas de acero de refuerzo sobre capas de hormigón fresco, ni la reubicación o ajuste de ellas durante la colocación del hormigón. El espaciamiento mínimo entre las armaduras y los elementos embebidos en el hormigón, por ejemplo tuberías, será igual a 1 1/2 veces el tamaño máximo del agregado grueso.
No se verterá hormigón antes que Fiscalización haya inspeccionado, verificado y aprobado la colocación de acero de refuerzo.
Para realizar análisis de la calidad del acero de refuerzo, éste será muestreado por el Constructor, siguiendo las normas ASTM-A 615, ó ASTM-A 617. y bajo la supervisión de Fiscalización, en la fuente del suministro, en el lugar de distribución o en el sitio de las obras. Si Fiscalización decide realizar un muestreo en fábrica o en el lugar de distribución, el Constructor notificará por lo menos con 15 días hábiles de anticipación el lugar y la fecha de embarque, a fin de que Fiscalización tenga tiempo

suficiente para realizar el muestreo. Fiscalización verificará los resultados de los ensayos, sobre muestras escogidas, en un laboratorio de ensayos calificado.
La cantidad de acero de refuerzo instalado y embebido en el hormigón a satisfacción de Fiscalización se determinará, en kilogramos.
La cantidad de acero colocado se verificará con la planilla de corte estructural.
La malla del alambre soldada en fábrica y usada como refuerzo, será desdoblada antes de colocarla en posición correcta. Se la asegurará para impedir cualquier movimiento o desplazamiento.
Forma de pago
Se pagara por Kg implementado en la estructura.

8.- Hormigón Simple F'c=210 Kg/Cm2
Definición
Es la mezcla homogénea de cemento, árido fino, árido grueso y agua en las proporciones definidas por las especificaciones a la resistencia a los 28 días.
Árido fino: se entenderá por árido fino a la arena de rio zarandeado con un espesor de 0.22mm con un bajo índice de sílice.
Árido grueso: consistirá en canto rodado con un tamaño de 1" de roca sólida.
Cemento: se entenderá al cemento Portland tipo IP, almacenado no más de 30 días y alejado de la humedad.
Proceso
Se mezclarán hasta que el conjunto resulte homogéneo, tenga consistencia normal y no haya exceso de agua.
El hormigón podrá prepararse a mano o con hormigonera de acuerdo con el volumen que se requiera y a la accesibilidad que presente el terreno.
Prohíbase terminantemente el uso de carretillas para la dosificación o medida de materiales que entran en el hormigón.
Forma de pago
Se pagara por cada m3 ejecutado de hormigón que demuestre la resistencia a los 28 días, bajo la norma INEN 1573.

9.- Hormigón Simple F'c=140 Kg/Cm2
Definición
Es la mezcla homogénea de cemento, árido fino, árido grueso y agua en las proporciones definidas por las especificaciones a la resistencia a los 28 días.

Árido fino: se entenderá por árido fino a la arena de rio zarandeado con un espesor de 0.22mm con un bajo índice de sílice.
Árido grueso: consistirá en canto rodado con un tamaño de 1" de roca sólida.
Cemento: se entenderá al cemento Portland tipo IP, almacenado no más de 30 días y alejado de la humedad.
Proceso
Se mezclarán hasta que el conjunto resulte homogéneo, tenga consistencia normal y no haya exceso de agua.
El hormigón podrá prepararse a mano o con hormigonera de acuerdo con el volumen que se requiera y a la accesibilidad que presente el terreno.
Prohíbase terminantemente el uso de carretillas para la dosificación o medida de materiales que entran en el hormigón.

Forma de pago
Se pagara por cada m3 ejecutado de hormigón que demuestre la resistencia a los 28 días, bajo la norma INEN 1573.

10.- Tapa y Boca de Visita.
Definición
Es un agujero que se deja en la losa de la tapa del tanque reserva, este sirve para la revisión del interior del tanque ya sea para darle mantenimiento o lavar el mismo. La tapa es de tool esta sirve de protección para la boca de visita evitando el ingreso de sustancias, sólidos y personal no autorizado.
Proceso
Para la boca de visita se realiza un encofrado en las dimensiones indicadas en el plano, esto es antes de la fundición de la losa de la tapa del tanque de captación. La tapa es empotrada en la losa mediante ganchos y acoplada con bisagras, además debe contar con la debida seguridad, para lo cual se deberá emplear candados.
Forma de pago
Se pagará por unidad de elemento instalado y comprobado en el sitio destinado por los planos.

11.- Rellenos
Definición
El relleno es el conjunto de operaciones necesarias para llenar, hasta completar, las secciones que fije el proyecto, los vacíos existentes entre las estructuras y las secciones de las excavaciones hechas para alojarlas, o bien entre las estructuras y el terreno natural.
Proceso
Los rellenos serán realizados con tierra, grava, arena y cascajo o enrocamiento respectivamente. El material podrá ser producto de las excavaciones efectuadas para alojar la estructura, de otra parte de las obras, o bien de bancos de préstamos, procurándose que el material excavado en la propia estructura, sea utilizado para el relleno.
Previamente a la construcción del relleno, el terreno estará libre de escombros y de todo material que no sea adecuado.
El material utilizado para la conformación de rellenos, estará libre de troncos, ramas, etc., y de toda materia orgánica. Fiscalización aprobará el material que se empleará en el relleno, ya sea que provenga de las excavaciones o de explotación de bancos de préstamos.
La formación de rellenos de tierra u otro material se sujetará, según el tipo de relleno, a estas especificaciones
Relleno compactado
Es el que se forma colocando capas horizontales, no mayores de 15cm. con la humedad óptima que requiera el material de acuerdo con la prueba Proctor. Cada capa será compactada uniformemente mediante el empleo de pisones de mano o neumáticos hasta obtener la máxima compactación (95%).
Forma de Pago
Se pagara por m3 de relleno realizado en la obra.

12.- Enlucidos

Definición

Es la colocación de una capa de mortero de arena-cemento, en paredes, tumbados, columnas, vigas, etc. con el objeto de obtener una superficie regular, uniforme y limpia.

Las superficies de ladrillo, bloques, piedras y hormigón en paredes, columnas, vigas, dinteles, tumbados, serán enlucidas, según se indique en los planos respectivos.

Antes de enlucir las superficies, se ejecutarán todos los trabajos de instalaciones.

Proceso

Las superficies se limpiarán y se humedecerán antes de aplicar el enlucido; serán ásperas y con un tratamiento que produzca la adherencia debida.

Fiscalización ordenará el emparejado del trabajo de albañilería y hormigón, aplicando una capa de base rayada, antes de la primera capa enlucida sin que esto represente un costo adicional.

Los enlucidos se realizarán en una primera capa con mortero de cemento-arena, cuya dosificación dependerá de la superficie que se vaya a cubrir. Fiscalización determinará la dosificación del mortero.

La primera capa tendrá un espesor promedio de 1,5 cm. de mortero y no excederá 2 cm. ni será menor de 1 cm. Después de la colocación de esta capa se realizará un curado de 72 horas por medio de humedad.

Luego se colocará una segunda capa de enlucido y después una pasta de agua y cal apagada o de sementina, o de agua y cemento.

Las superficies obtenidas serán regulares, uniformes, sin fallas, grietas o fisuras y despegamientos que se detecten al golpear con un pedazo de madera la superficie.

Las intersecciones de dos superficies serán en líneas rectas o en tipo "medias cañas", perfectamente definidos; para lo cual se utilizará guías, o reglas niveladas y aplomadas.

Fiscalización indicará el uso de aditivos en el enlucido para impermeabilización.

Clase de enlucido:

a. Liso: La superficie es uniforme, lisa y libre de marcas; las esquinas y ángulos bien redondeados. Se trabaja con llanas o paletas de metal o de madera

Las superficies enlucidas serán secadas al aire y quedarán aptas para recibir la pintura.

Forma de Pago

Se pagara por m2 de enlucido.

Enlucido Exterior e = 2 cm., mortero 1:5

Las paredes exteriores de los tanques y estructuras de hormigón serán enlucidas con mortero cemento arena 1:5

Forma de pago

Se pagara por m2 de enlucido.

Enlucido Interior + Impermeabilizante e = 2 cm.

Las paredes interiores de los tanques y estructuras de hormigón serán enlucidas con mortero de cemento, arena 1:3, al que se añadirá un aditivo impermeable en la cantidad especificada por el fabricante.

Previo a la mezcla de la masilla el fiscalizador aprobará el aditivo impermeabilizante.

Forma de Pago

Se pagara por m2 de enlucido.

13.- Replanteo y Nivelación.

Definición

Consiste en verificar en el terreno los puntos referenciados en el plano y que van hacer materializados con el uso de estacas y hay que dejar con la información de referencia. Hay que referenciar en piedras, tablas o puntos fijos.

Proceso

Primero mediante el uso de las coordenadas ubicar el BM, mediante el uso de la brújula y la estación total se deben materializar en el terreno todos los puntos que se indican en los planos.

Para lo cual se utilizará:

- Un Topógrafo.
- Dos Cadeneros.
- Una brújula.
- Cinta
- Machete.
- Pintura (roja, naranja, o fosforescente)
- Tablas.
- Estacas de 60cm las que serán colocadas a un lado de la línea de conducción.

Forma de Pago

Se pagará por km sobre el polígono replanteado y verificado.

14.- Provisión de Tubería.

Definición

Consiste en la compra, transporte y entrega en el sitio del proyecto la tubería de PVC de diámetro igual a 200mm de 0.63 MPa. Que debe ser dejada en la bodega que fue construida por el contratista o el proveedor.

Proceso

La entrega de la tubería debe realizarse en buen estado sin fisuras ni roturas que dificulte la implantación del proyecto además debe ser contabilizada por fiscalización y el encargado de bodega.

Forma de pago

Se pagará por metro de tubería efectivamente entregada y además se pagará por metro efectivo excluido la espiga y la campana. Los tubos efectivamente entregados bajo la norma INEN 1826-1836 para agua potable.

15.- Instalación y Prueba.

Definición

Consiste en llevar y transportar de la bodega al proyecto para su implantación y de su unión entre sí, colocaremos la tubería en el fondo de la zanja para posteriormente realizar la prueba de inspección o hidrostática.

Proceso

Para su transportación se debe evitar que se maltrate la tubería, para manejar la tubería en la carga y en la colocación en la zanja se emplearán equipos y

herramientas adecuadas que no dañen la tubería ni la golpeen, ni la dejen caer., los tramos de tuberías serán iguales a 30m
Los dispositivos mecánicos o de cualquier otra índole utilizados para remover las tuberías, estarán recubiertos de caucho, cuero, yute o lona, a fin de evitar daños en la superficie de las tuberías.
Las tuberías se colocarán de manera que se apoye en toda su longitud en el fondo de la excavación previamente preparada.
Luego para su pegado debemos pasar polilimpia y luego se pondrá una lámina de colipega luego debemos hacer girar un cuarto de vuelta para evitar burbujas y obtener un mejor pegado.
En el caso de empates del proyecto se corta se calienta con soplete, se forma la boquilla con un codo de igual diámetro para su fácil desmontaje.
En la instalación de las tuberías se tendrá cuidado de que no penetre agua o cualquier otra sustancia que ensucie las partes interiores de los tubos y uniones.
Cuando se presente interrupciones en el trabajo, o al término de cada jornada de labores, se taparán los extremos abiertos de las tuberías cuya instalación no esté terminada, de manera que no puedan penetrar en su interior materias extrañas, tierra, basura, etc.
Una vez terminada la unión de la tubería, y previamente a la prueba hidrostática, se realizará un anclaje de relleno provisional de tierra apisonada en la zona central de cada tubo, dejándose al descubierto las uniones para que se realicen las observaciones necesarias en el momento de la prueba.
Terminada la unión y el anclaje de la tubería, se procederá a realizar la prueba hidrostática.
La prueba hidrostática se realizará en tramos no mayores a cinco kilómetros cuando se tenga una línea y tres kilómetros cuando la conducción es mas de una sola línea., en cual se colocará un tapón en uno de los extremo. La tubería se llenará lentamente de agua y se purgará el aire mediante válvulas de aire en la parte más alta de la tubería.
y en el otro extremo que será el más bajo de se colocará un equipo de bombeo con manómetro., con la bomba se aplicará 1.5 veces a la presión del diseño durante un tiempo de (dos) 2 horas En caso que exista fugas se medirá el volumen total que fuga en cada tramo.
Una vez que se haya purgado el aire contenido en la tubería se cerrarán las válvulas de aire y se aplicará la presión de prueba mediante una bomba.
MAXIMOS ESCAPES PERMITIDOS EN CADA TRAMO PROBADOS A PRESION HIDROSTATICA

Presión de Prueba
Kg. /cm.2-Máximo en litros por cada 2.5 cm. de
Diámetro por 24 horas y por unión

14-0.80 litros
12.5-0.70 litros
10-0.60 litros
7-0.49 litros
3.5-0.35 litros

Forma de pago

Se pagará por cada tramo efectivamente probado e instalado.

16.- Instalación de Desagüe.

Definición

Es un aparato que nos permite desalojar el agua del sistema de conducción., se lo coloca en los sitios con pendientes convergentes entre, las pendientes en los sitios indicados.

Procesos

Para la instalación del desagüe se debe colocar una tee, un adaptador roscable y un tramo de tubería lo suficientemente largo para que no dañe las estructuras adyacentes, el mismo que debe desembocar en cauce natural.

Forma de pago

Se pagará por válvula debidamente colocada un su punto y comprobada.

17.- Caja de Protección para Válvulas.

Definición

Es un elemento de protección de hormigón para las válvulas aire y desagüe respectivamente, cumplirá la función de evitar daños y atentados a las mismas.

Proceso

Para la ejecución se debe realizar una limpieza del área que va ocupar la caja, luego se realiza una excavación necesaria para su encofrado y su fundición.

Forma de pago

Se pagará por cada caja construida en el punto especificado y que cumpla con las especificaciones técnicas.

RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE.

1.- Replanteo y nivelación

Definición

Se define replanteo a la ubicación del proyecto en el terreno, en base a las indicaciones de los planos respectivos, como paso previo a la construcción.

Especificaciones

Todos los trabajos de replanteo deben ser realizados con aparatos de precisión, tales como teodolitos, niveles, cintas métricas, etc., y por personal técnico capacitado y experimentado. Se deberá colocar mojones de hormigón perfectamente identificados con la cota y abscisa correspondiente y su número estará de acuerdo a la magnitud de la obra y necesidad de trabajo.

Medición y pago

El replanteo tendrá un valor de acuerdo al desglose del precio unitario en metros cuadrados y kilómetros.

2.- Desbroce y limpieza

Definición

Este trabajo consiste en efectuar alguna, algunas o todas las operaciones siguientes: cortar, desenraizar, quemar y retirar de los sitios de construcción, los árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación comprendida dentro del derecho de vía, las áreas de construcción y los bancos de préstamos indicados en los planos o que orden desbrozar el ingeniero Fiscalizador de la obra.

Especificaciones

Estas operaciones pueden ser efectuadas indistintamente a mano o mediante el empleo de equipos mecánicos.
Toda la materia vegetal proveniente del desbroce deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción en los sitios donde señale el ingeniero Fiscalizador.
El material aprovechable proveniente del desbroce será propiedad del contratante, y deberá ser estibado en los sitios que se indique; no pudiendo ser utilizados por el Constructor sin previo consentimiento de aquel.
Todo material no aprovechable deberá ser quemado, tomándose las precauciones necesarias para evitar incendios.
Los daños y perjuicios a propiedad ajena producidos por trabajos de desbroce efectuados indebidamente dentro de las zonas de construcción, serán de la responsabilidad del Constructor.
Medición y pago

El desbroce se medirá tomando como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales.
No se estimará para fines de pago el desbroce que efectúe el Constructor fuera de las áreas de desbroce que se indique en el proyecto, salvo las que por escrito ordene el ingeniero Fiscalizador de la obra.

3.- Excavación de zanjas
Definición
Se entenderá por excavación de zanjas la que se realice según el proyecto para alojar la tubería de las redes de agua potable, incluyendo las operaciones necesarias para compactar o limpiar el replantillo y taludes de las mismas, la remoción del material producto de las excavaciones, colocación adecuada, y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para la instalación satisfactoria de la tubería. Incluye igualmente las operaciones que deberá efectuar el Constructor para aflojar el material manualmente o con equipo mecánico previamente a su excavación cuando se requiera.
Especificaciones
Excavación en tierra
La excavación de zanjas para tuberías y otros, será efectuada de acuerdo con los trazados indicados en los planos excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos en cuyo caso aquellos pueden ser modificados de conformidad con el criterio técnico del Ingeniero Fiscalizador.
El fondo de la zanja será lo suficientemente ancho para permitir libremente el trabajo de los obreros colocadores de tubería y para la ejecución de un buen relleno.
En ningún caso, el ancho del fondo de la zanja será menor que el diámetro exterior del tubo más 0.50 m. sin entibados; con entibamiento se considerará un ancho del fondo de la zanja no mayor que el diámetro exterior del tubo más 0.80 m.
Las dimensiones de las excavaciones que formarán las zanjas variarán en función del diámetro de la tubería que será alojada en ella, como se señala en el cuadro:
Zanjas para tuberías de PVC

Diámetro Nominal		Ancho	Profundidad al fondo	Volumen por metro
Milímetros	Pulgadas	Centímetros	Centímetros	lineal
25,4	1	50	70	0,35 m^3
50,8	2	55	70	0,39 m^3
63,5	2,5	60	100	0,60 m^3
76,2	3	60	100	0,60 m^3
101,6	4	60	100	0,60 m^3
152,4	6	70	110	

Nota: Por diámetro nominal se entenderá el diámetro interior de la tubería correspondiente que será instalada en la zanja.
La profundidad de la zanja será medida hacia abajo a contar del nivel del terreno, hasta el fondo de la excavación.
El ancho de la zanja medido entre las dos paredes verticales paralelas que la delimitan.
Para profundidades mayores de 2.00 m. y según la calidad del terreno sería preferible que las paredes tengan un alud de 1:6 que se extienda hasta el fondo de las zanjas.
En ningún caso se excavará con maquinaria, tan profundo que la tierra del plano de asiento de los tubos sea aflojada o removida. El último material que se va excavar será removido con pico y pala, en una profundidad de 0.5 m. y se le dará al fondo de la zanja la forma definitiva que el diseño y las especificaciones lo indiquen.

Presencia de agua

La realización de excavación de zanjas con presencia de agua puede ocasionarse por la aparición de aguas provenientes del subsuelo, de aguas lluvias, de inundaciones, de operaciones de construcción, aguas servidas y otros.
Como el agua dificulta el trabajo, disminuye la seguridad de personas y de la obra misma, es necesario tomar las debidas precauciones y protecciones.
Los métodos y formas de eliminar el agua de las excavaciones, pueden ser tablaestacados, ataguías, bombeo, drenaje, cunetas y otros.
En los lugares sujetos a inundaciones de aguas lluvias se debe prohibir efectuar excavaciones en tiempo lluvioso. Todas las excavaciones no deberán tener agua antes de colocar las tuberías y colectores, bajo ningún concepto se colocarán bajo agua. Las zanjas se mantendrán secas hasta que las tuberías hayan sido completamente acoplados y en ese estado se conservarán por lo menos seis horas después de colocado el mortero y hormigón.

Manipuleo y desalojo de material excavado

Los materiales excavados que van a ser utilizados en el relleno de calles y caminos, se colocarán lateralmente a lo largo de la zanja; este material se mantendrá ubicado en tal forma que no cause inconvenientes al tránsito del público.
Se preferirá colocar el material excavado a un solo lado de la zanja. Se dejará libre acceso a todos los servicios que requieran facilidades para su operación y control.
La capa vegetal removida en forma separada será acumulada y desalojada del lugar.

Durante la construcción y hasta que se haga la repavimentación definitiva o hasta la recepción del trabajo, se mantendrá la superficie de la calle o camino, libre de polvo, lodo, desechos o escombros que constituyan una amenaza o peligro para el público.
El polvo será controlado en forma continua ya sea esparciendo agua o mediante el empleo de un método que apruebe la Fiscalización.
Los materiales excavados que no vayan a utilizarse como relleno, serán desalojados fuera del área de los trabajos.
Todo el material sacado de las excavaciones que no será utilizado y que ocupa un área dentro del derecho de vía, será transportado fuera y utilizado preferentemente como relleno en cualquier otra parte.
Medición y pago

La excavación de zanjas se medirá en m^3 con aproximación de un decimal. Al efecto se determinará los volúmenes de las excavaciones realizadas por el Constructor según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la obra.
No se considerará para fines de pago las excavaciones hechas por el Constructor fuera de las líneas del proyecto y/p órdenes del Ingeniero Fiscalizador ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al Constructor que al igual que las excavaciones que efectúe fuera del proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la obra, serán consideradas como sobre excavaciones y se procederá respecto a ellas en los términos de las especificaciones.
Los trabajos de bombeo que deba realizar el Constructor para efectuar las excavaciones y conservarlas en seco durante el tiempo de colocación de la tubería le serán pagados por separado en los términos de las especificaciones respectivas.
Igualmente le será pagado por separado el acarreo a los bancos de desperdicio que señale el Ingeniero Fiscalizador de la obra, del material producto de las excavaciones que haya sido utilizado en el relleno de las zanjas por exceso de volumen, por su mala calidad o por cualquier otra circunstancia.
El suministro, colocación y remoción de entibamiento de madera se medirá en m^2 con aproximación de un decimal. Al efecto se determinará en la obra la superficie entibada según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la obra, el cual se pagará al Constructor al precio unitario estipulado en el Contrato para el concepto de trabajo.

4.- Tubería de cloruro de polivinilo (p.v.c.) rígido
Definición
Esta tubería está constituida por material termoplástico compuesto de cloruro de polivinilo, estabilizantes, colorantes, lubricantes y exento de plastificantes. Como relleno se permite únicamente la adición de carbonato de calcio precipitado en una proporción no mayor de 6 partes por cada 100.
Especificaciones
Se clasificarán de acuerdo al diámetro exterior de los tubos, estableciéndose la serie métrica (M), especificando las siguientes R.D.E. (Relación, Diámetro, Espesor): 9-13, 5-21-34-51. En la serie inglesa (I) se especifican lo siguientes R.D.E.: 13, 5-17-21-26-32, 5-41-64.

Se entenderá por Relación, Diámetro, Espesor (R.D.E.), la relación que existe entre el diámetro exterior del tubo y el espesor de la pared. Para tubería de PVC rígido, el RDE se calcula dividiendo el diámetro exterior promedio (en milímetros) por el espesor mínimo de la pared (en milímetros). El valor de esta relación (RDE) se aproxima al 0.5 más cercano. La longitud nominal será de 6m. Se podrá suministrar otros tamaños, por acuerdo entre el fabricante y comprador. Para cualquier longitud, la tolerancia permitida será de 0.2%.
Esta tubería podrá unirse mediante soldadura con solventes o al calor y puede ser roscada con espesores de pared adecuada. Las características, presiones y requisitos mínimos estarán cubiertos por las normas A.S.T.M. D 1785 y A.S.T.M. -D 2241-69.
Medición y pago
La tubería de Polivinilo (P.V.C.) será medida para fines de pago, por metro lineal, con aproximación de un decimal. Al efecto se determinará directamente en la obra el número de metros lineales de los diversos diámetros según el proyecto, o que haya sido aprobado por el Ingeniero Fiscalizador.

5.- Instalación de válvulas y accesorios
Definición
Se entenderá por instalación de válvulas y accesorios para tubería de agua potable, el conjunto de operaciones que deberá realizar el Constructor para colocar según el proyecto, las válvulas y accesorios que forman parte de los diferentes elementos que constituyen la obra.
Especificaciones
El Constructor proporcionará las válvulas, piezas especiales y accesorios para las tuberías de agua potable que se requieran según el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador.
El Constructor deberá suministrar los empaques necesarios que se requieran para la instalación de las válvulas y accesorios.
Las uniones, válvulas, tramos cortos y demás accesorios serán manejados cuidadosamente por el Constructor a fin de que no se deterioren. Previamente a su instalación el ingeniero Fiscalizador inspeccionará cada unidad para eliminar las que presenten algún defecto en su fabricación. Las piezas defectuosas serán retiradas de la obra y no podrán emplearse en ningún lugar de la misma, debiendo ser repuestas de la calidad exigida por el Constructor.
Antes de su instalación las uniones, válvulas y accesorios deberán ser limpiadas de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquier otro material que se encuentre en su interior o en las uniones.
Las válvulas deberán anclarse en hormigón, de acuerdo con su diámetro y presión en los casos que especifique el diseño.
Las cajas de válvulas se instalarán colocando las bases de ellas centradas sobre la válvula, descansando sobre tramos de tuberías de hormigón simple centrifugado o un relleno compactado o en la forma que específicamente señale el proyecto, debiendo su parte superior colocarse de tal manera que el extremo superior, incluyendo el marco y la tapa quede al nivel del pavimento o el que señale el proyecto. Todo el conjunto deberá quedar vertical.
Previamente a su instalación y prueba a que se sujetarán junto con las tuberías ya instaladas, todas las piezas especiales accesorios se sujetarán a pruebas

hidrostáticas individuales con una presión igual al doble de la presión de trabajo de la tubería a que se conectarán, la cual en todo caso no deberá ser menor de 10 kg/cm².

Válvulas

Las válvulas se instalarán de acuerdo a la forma de la unión de que vengan provistas, y a los requerimientos del diseño. Las válvulas de compuerta podrán instalarse en cualquier posición, dependiendo de lo especificado en el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador. Sin embargo si las condiciones de diseño y espacio lo permiten es preferible instalarlas en posición vertical.
Las válvulas se instalarán de acuerdo con las especificaciones especiales suministradas por el fabricante para su instalación.

Tramos cortos

Para la instalación de tramos cortos se procederá de manera igual que para la instalación de tuberías de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones pertinentes.
Se deberá tener especial cuidado en el ajuste de las uniones y en los empaques de estas a fin de asegurar una correcta impermeabilidad.
Los tramos cortos se instalarán precisamente en los puntos y de la manera indicada específicamente en el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador.
Los tramos cortos que sirvan de pasamuros se instalarán a nivel antes de la construcción de los muros.

Tees, codos, yees, tapones y cruces

Para la instalación de éstos elementos considerados genéricamente bajo el número de accesorios se usan por lo general aquellos fabricados de hierro fundido, o del material de que están fabricadas las tuberías.
Se deberá profundizar y ampliar adecuadamente la zanja, para la instalación de los accesorios.
Se deberá apoyar independiente de las tuberías los accesorios al momento de su instalación para lo cual se apoyará o anclará éstos de manera adecuada y de conformidad a lo indicado en el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador.

Bocas de campana y reducciones excéntricas

La instalación de estos elementos se hará precisamente con los niveles y lineamientos señalados en el proyecto.
Se deberá tener especial cuidado en la instalación de las reducciones excéntricas, comprobándose que queden exactamente colocadas de acuerdo a lo señalado en el proyecto.

Medición y pago

La colocación de válvulas y cajas se medirá en piezas y al efecto se contará directamente en la obra, el número de válvulas de cada diámetro y cajas válvulas completas instaladas por el Constructor, según lo indicado en el proyecto.
No se estimará para fines de pago la instalación de las uniones ya que éstas están comprendidas en la instalación de las tuberías de conformidad a lo indicado en la especificación pertinente.

La colocación de tramos cortos se medirá en metros lineales con aproximación de un decimal. Al efecto se medirán directamente en la obra la longitud de tramos cortos colocados.
En la instalación de válvulas, accesorios y más piezas especiales se entenderá el suministro, la colocación, la instalación y las pruebas a que tengan que someterse todos estos elementos.

6.- Limpieza y pruebas

Definición

Se entenderá el conjunto de proceso tendiente a remover partículas que durante la instalación han quedado dentro de los ductos y que mediante lavado deben ser removidas, para posteriormente proceder desinfectarlos mediante soluciones adecuadas y por último proceder a probarlos a las presiones indicadas en estas especificaciones.

Especificaciones

Limpieza: Esta se realizará mediante lavado a presión. Si no hay hidrantes instalados o válvulas de desagüe, se procederá a instalar tomas de derivación con diámetros adecuados, capaces de que la salida del agua se produzca con una velocidad mínima de 0.75 m/seg. Para evitar en lo posible dificultades en la fase del lavado se deberán tomar en cuenta las precauciones que se indican en las especificaciones pertinentes a instalación de tuberías y accesorios.
Prueba: Estas normas cubren las instalación de sistemas de distribución, líneas de conducción, con todos sus accesorios como: válvulas, hidrantes, bocas de incendio, y otras instalaciones.

Se rellenará la zanja cuidadosamente y utilizando herramientas apropiadas, hasta que quede cubierta la mitad del tubo. Este relleno se hará en capas de 10 cm. bien apisonadas. Luego se continuará el relleno hasta una altura de 30 cm. por encima de la tubería, dejando libres las uniones y accesorios. Todos los sitios en los cuales haya un cambio brusco de dirección como son: tees, tapones, etc., deberán ser anclados en forma provisional antes de efectuar la prueba.
Los tramos a probarse serán determinados por la existencia de válvulas para cerrar los circuitos o por la facilidad de instalar tapones provisionales. Se deberá preferir no incluir longitudes a probarse de 500 m. Se procurará llenar las tuberías a probarse en forma rápida mediante conexiones y sistemas adecuados.
En la parte más alta del circuito, o de la conducción, en los tapones, al lado de las válvulas se instalará, una toma corporación para drenar el aire que se halla en la tubería. Se recomienda dejar salir bastante agua para así poder eliminar posibles bolsas de aire. Es importante el que se saque todo el aire que se halle en la tubería, pues su compresibilidad hace que los resultados sean incorrectos.
La presión correspondiente será mantenida valiéndose de la bomba de prueba por un tiempo no menor de dos horas.
Cada sector será probado a una presión igual al 150% de la máxima presión hidrostática que vaya a resistir el sector. En ningún caso la presión de prueba no deberá ser menor que la presión de trabajo especificada por los fabricantes de la tubería. La presión será tomada en el sitio más bajo del sector a probarse.

Para mantener la presión especificada durante dos horas será necesario introducir con la bomba de prueba una cantidad de agua, que corresponda a la cantidad que por concepto de fugas escapará del circuito.

Medición y pago

Toda serie de trabajos y proceso ejecutados en la prueba de limpieza y desinfección de sistemas de distribución, conducciones y otras, se considerará que están incluidos en el proceso de instalación por tanto no tendrán derecho a pago alguno.

7.- Relleno de excavación de zanjas

Definición

Por relleno de excavaciones de zanjas se entenderá el conjunto de operaciones que deberá realizar el Constructor para rellenar hasta el nivel original del terreno natural o hasta los niveles señalados por el proyecto y/o órdenes del ingeniero Fiscalizador de la obra, las excavaciones que se hayan realizado para alojar las tuberías de las redes de agua potable, así como las correspondientes a estructuras auxiliares.

Especificaciones

No se deberá proceder a efectuar ningún relleno de excavaciones sin antes obtener la aprobación por escrito del ingeniero Fiscalizador de la obra, pues en caso contrario, éste podría ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados por él, sin que el Constructor tenga derecho a ninguna retribución por ello.

La primera parte del relleno se hará invariablemente empleando en ella tierra libre de piedras y deberá ser cuidadosamente colocada y compactada a los lados de los cimientos de estructuras y abajo y a ambos lados de las tuberías. En el caso de cimientos de estructuras, este relleno tendrá un espesor mínimo de 60 cm. en el caso de rellenos para trabajo de jardinería, el relleno se hará en su totalidad con tierra libre de piedras y cuando se trate de tuberías, este primer relleno se continuará hasta un nivel de 30 cm. arriba del lomo superior del tubo. Después se continuará el relleno empleando el producto de la propia excavación colocándolo en capas de 20 cm. de espesor como máximo, que serán humedecidas y apisonadas.

Cuando por la naturaleza del trabajo no se requiera un grado de compactación especial, el material se colocará en las excavaciones apasionándola ligeramente hasta por capas sucesivas de 20 cm., colmándolo y dejando sobre ella un montículo de 15 cm. sobre el nivel natural del terreno o de la altura que ordene el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador.

Cuando el proyecto de la obra así lo señale, el relleno de excavaciones deberá ser efectuado en forma tal que cumpla con las especificaciones de la técnica "Proctor" de compactación, para lo cual el ingeniero Fiscalizador de la obra ordenará el espesor de las capas, el contenido de humedad del material, el grado de compactación, procedimientos, etc., para lograr la compactación óptima.

La tierra, rocas y cualquier material sobrante después de rellenar las excavaciones de zanjas, serán acarreadas por el Constructor hasta el lugar de desperdicios que autorice el ingeniero Fiscalizador.

Los rellenos que se hallan en zanjas ubicadas en terrenos de fuerte pendiente, se terminarán en la capa superficial empleando material que contenga piedras

suficientemente grandes para evitar el deslave del relleno motivado por el escurrimiento de las aguas pluviales, durante el período comprendido entre la terminación del relleno de la zanja y la reposición del pavimento correspondiente. En cada caso particular el ingeniero Fiscalizador dictará las disposiciones pertinentes.

Medición y pago

El relleno de excavaciones de zanjas que efectúe el Constructor le será medido para fines de pago en metros cúbicos con aproximación de un decimal. Al efecto se medirán los volúmenes efectivamente colocados en las excavaciones. El material empleado en el relleno de sobre excavaciones o derrumbes imputables al Constructor, no será computado para fines de estimación y pago.

El acarreo de materiales producto de bancos de almacenamiento o préstamo que se requieran para ser empleados en el relleno de zanjas, acarreando en distancias no mayores de 1 km. será medido en metro cúbico con aproximación de un decimal, y se pagará de acuerdo con el concepto de trabajo señalado en la especificación correspondiente.

8.- Válvulas de aire

Definición

Se entenderá por válvulas de aire al dispositivo que se use para permitir el escape de aire acumulado en las parte altas de la tubería de conducción.

Especificaciones

El cuerpo de la válvula será de hierro fundido con guarniciones de bronce. Con las ofertas se proveerá amplia literatura sobre su funcionamiento, mecanismo de cierre y su material. Las conexiones serán roscadas según "rosca Standard Americana". Diámetro mínimo de la abertura de la salida de aire 1/4".

Medición y pago

Las válvulas serán determinadas para fines de pago por unidades. Al efecto se determinará directamente en las obras el número de válvulas utilizadas de acuerdo al diseño del proyecto o que sean aprobadas por el ingeniero Fiscalizador.

9.- Uniones tipo gibault

Definición

Las uniones tipo Gibault consisten en un anillo central o manguito de hierro fundido de ancho standard para cada diámetro; 2 anillos de caucho; 2 anillos exteriores de hierro fundido, pernos y tuercas para su ajuste.

Especificaciones

Las uniones tipo Gibault serán fabricadas con el mismo material utilizado para la fabricación de tramos cortos y accesorios de hierro fundido.

Medición y pago

Las uniones tipo Gibault, serán determinadas para fines de pago por unidades. Al efecto se determinarán directamente en la obra el número y diámetro de uniones utilizados según el proyecto, o que haya sido aprobado por el Ingeniero Fiscalizador.

OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA PARA LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

1.- Replanteo

La ubicación de las redes se realizará con las alineaciones y cotas indicadas en los planos y respetando estas especificaciones de construcción. El Constructor efectuará el replanteo de las obras. El Fiscalizador verificará estos trabajos y exigirá la repetición y corrección de cualquier obra impropiamente ubicada. Antes de iniciar la construcción de cualquier tramo; el Constructor con el visto bueno de la Fiscalización definirá el trazado observando los planos del proyecto y recorriendo el terreno.

Si se encontrasen discrepancias con los planos del proyecto, el Constructor y el Fiscalizador deberán realizar las modificaciones necesarias.

2.- Excavación de zanjas

La excavación de zanjas para tubería y otros, será efectuada de acuerdo con los trazados indicados en los planos, excepto cuando se encuentran inconvenientes, en cuyo caso pueden ser modificadas de conformidad con el criterio de la Fiscalización.

El fondo de la zanja será lo suficientemente ancha para permitir el trabajo de los obreros instaladores de tubería y para la ejecución de un buen relleno.

El ancho de la parte superior de la zanja, para el tendido de los tubos, variará según el diámetro de la tubería y la profundidad a la que va a ser colocada.

Se permitirán ligeros cambios de dirección para obtener curvas de radio amplio. El curvado debe hacerse en la parte lisa de los tubos, las uniones no permiten cambios de dirección.

El fondo de la excavación será afinado cuidadosamente a fin de que la tubería quede a la profundidad y con la pendiente señalada del proyecto.

La excavación de los últimos 10 cm de fondo de la zanja se deberá efectuar con una anticipación máxima de 24 horas a la colocación de la tubería. Si el tiempo transcurrido fuere mayor de 24 horas y se requieran nuevos trabajos para adecuar el fondo de la zanja antes de tender la tubería, éstos serán realizados nuevamente.

Cuando la excavación de zanjas se realice en material sin la consistencia adecuada para soportar la tubería, se excavará la parte central del fondo de la zanja en forma redonda de manera que la tubería se apoye sobre el terreno en todo el desarrollo de su cuadrante inferior y en toda su longitud. A este mismo efecto, antes de bajar la tubería a la zanja o durante su instalación, se excavará, en los lugares de las juntas, cavidades o conchas que alojen las campanas o cajas de las unidades. Esta conformación se efectuará inmediatamente antes de tender la tubería.

3.- Excavación a máquina.

Definición

Consiste en remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para colocar mampostería, hormigones y otras obras. Deberán tener el ancho suficiente para permitir el encofrado.

Proceso

Las excavaciones se realizarán de acuerdo a los datos del proyecto, con herramientas manuales y cuidando en todo momento no desviar el sitio de la planta (tratamiento), excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos que tienen que ser superados de conformidad con el criterio de Fiscalización.

Cuando a juicio de Fiscalización el terreno en el fondo o plano de fundación tenga poca resistencia o sea inestable, se realizará sobre excavaciones hasta hallar suelo resistente o se buscará una solución adecuada.
Cuando se realice sobre excavación, se rellenará hasta el nivel requerido utilizando tierra, material granular u otro material aprobado por Fiscalización; la compactación se realizará con un adecuado contenido de agua, en capas que no excedan de 15 centímetros de espesor y con el empleo de un compactador mecánico.
Cuando en estas especificaciones o en los planos se requieran pruebas de compactación, la relación densidad- humedad relativa deberá determinarse de acuerdo con la norma ASTM D698, método D para proctor estándar y ASTM D1557, método D para proctor modificado
Forma de pago
Se pagara por m3 excavado medido respecto al nivel natural del terreno, con una precisión de dos decimales.

4.- Relleno y compactación de zanjas
No se procederá a efectuar ningún relleno de zanjas sin antes obtener la aprobación de la Fiscalización, pues en caso contrario, ésta ordenará la extracción del material utilizado en rellenos no aprobados.
El material y el procedimiento de relleno tendrán la aprobación de la Fiscalización. El Constructor vigilará y será responsable por cualquier desplazamiento de la tubería u otras estructuras, así como de los daños causados por el procedimiento inadecuado de relleno que se efectúe.
En el relleno se empleará en primer término el producto de la propia excavación. Cuando éste no sea apropiado, se seleccionará otro material y previo el visto bueno de la Fiscalización se procederá a realizar el relleno. El material seleccionado puede ser cohesivo, y cumplirá con los siguientes requisitos:
a) El peso específico en seco mayor a 1.600 Kg/m3.
b) No debe contener material orgánico.
c) En el caso de material granular, el tamaño del agregado será menor o igual a 5 centímetros.
d) Ser aprobado por la Fiscalización.

El material de relleno no se dejará caer directamente sobre las tuberías o estructuras. Las operaciones de relleno en cada tramo de zanjas serán terminadas sin demora y ninguna parte de los tramos de tubería se dejará parcialmente rellena por un período superior a 48 horas.
La primera parte del relleno se realizará empleando tierra fina seleccionada o material tamizado, exenta de piedras, ladrillos, tejas y otros materiales duros; los espacios entre la tubería y el talud de la zanja se rellenarán cuidadosamente con pala con suficiente apisonamiento hasta alcanzar un nivel de 30 cm. sobre la superficie superior del tubo.
El apisonado hasta 0,30 m. sobre la tubería será ejecutado con cuidado y con pisón de mano, de esta altura en adelante se podrá emplear otros elementos como rodillos o compactadores neumáticos. No se transitará o ejecutarán trabajos sobre la tubería hasta que el relleno compactado tenga un mínimo de 30 cm. sobre la misma.
Después de los 30cm la compactación se realizará en capas horizontales no mayores de 20 cm, con la humedad óptima que requiera el material de acuerdo

con la prueba próctor. Cada capa será compactada uniformemente mediante el empleo de compactadores mecánicos.
Correrá por cuenta del Contratista el ensayo de densidad in situ, para comprobar la compactación de los rellenos efectuados, cuyos porcentajes de compactación deben estar de acuerdo a las especificaciones del MOP, cuyo informe de resultados deberán presentarse junto con las planillas de ejecución de obra.

5.-Iinstalación de tuberías
La Fiscalización, previamente a la instalación inspeccionará todas las tuberías y accesorios.
La tubería no deberá sufrir daños durante el transporte, ni en el sitio de los trabajos, ni en el lugar de almacenamiento. Para manejar la tubería en la carga y en la colocación en la zanja se emplearán equipos y herramientas adecuadas para evitar golpearla, dejarla caer o cualquier otro daño en la tubería.
Previamente a su instalación la tubería estará limpia de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquier otro material que se encuentre en su interior o en las caras exteriores de los extremos de los tubos.
En la instalación de las tuberías se tendrá cuidado de que no penetre agua o cualquier otra sustancia que ensucie las partes interiores de los tubos y uniones.
Cuando se presente interrupciones en el trabajo, o al término de cada jornada de labores, se taparán los extremos abiertos de las tuberías cuya instalación no esté terminada, de manera que no puedan penetrar en su interior materias extrañas, tierra, basura, animales, etc.
Una vez terminada la unión de la tubería, y previo a las pruebas de presión hidrostática, se anclara provisionalmente la tubería mediante un relleno apisonado de tierra (material fino calificado) en la zona central de cada tubo, dejándose al descubierto las uniones para que puedan hacerse las observaciones necesarias en el momento de la prueba. Estos rellenos deberán hacerse de acuerdo con lo estipulado en la especificación respectiva.

6.- Suministro, transporte y montaje de la tubería.
La tubería y accesorios será transportada por parte del contratista desde las bodegas hasta el sitio del proyecto, incluye empaquetado, carga, transporte, descarga apilado y colocación en el sitio de montaje.
El Contratista será responsable del tránsito por las carreteras para no producir interrupciones o daños. Deberá tomar en consideración las características de la carretera desde las bodegas al sitio (ancho de las vías/ radios mínimos de las curvas/ cargas permisibles en puentes/ pendientes, etc.) y observar las leyes y reglamentos.

7.- Descripción detallada de los trabajos de montaje
Los trabajos que el Contratista deberá ejecutar para cumplir con el alcance de los trabajos, bajo su entera responsabilidad y comprendidos dentro de los precios del mismo, se describen a continuación:
Las labores preparatorias de construcción de accesos, replanteo de la línea, construcción de bodegas, etc.
El manejo y desplazamiento de la tubería y equipos en el sitio para su instalación, junto con el suministro de equipo y personal calificado para la ejecución del

montaje, así como el suministro de servicios como agua, electricidad, etc.
Las verificaciones y pruebas de los equipos o elementos componentes de los mismos cuando fuere del caso para asegurarse del buen estado y operabilidad.
El señalamiento en los planos de todos los cambios introducidos en el proceso de montaje y pruebas, hasta la recepción final de la obra. La elaboración y entrega de planos constructivos.
El cuidado, vigilancia, buen manejo y adecuada conservación de la tubería, equipos y más elementos a su cargo, ya sea en el transporte, durante el proceso de montaje y pruebas, hasta la recepción final de la tubería, equipos y elementos ya instalados. Probados y puestos en servicio.
El suministro de mano de obra y equipo para todas las labores de montaje y el cumplimiento de todas sus obligaciones como patrono.
La contratación de seguros para el personal y equipo, y el cumplimiento de las normas de seguridad industrial.

8.- Hormigón simple f'c=210 kg/cm2

Definición

Es la mezcla homogénea de cemento, árido fino, árido grueso y agua en las proporciones definidas por las especificaciones a la resistencia a los 28 días.
Árido fino: se entenderá por árido fino a la arena de rio zarandeado con un espesor de 0.22mm con un bajo índice de sílice.
Árido grueso: consistirá en canto rodado con un tamaño de 1" de roca sólida.
Cemento: se entenderá al cemento Portland tipo IP, almacenado no más de 30 días y alejado de la humedad.

Proceso

Se mezclarán hasta que el conjunto resulte homogéneo, tenga consistencia normal y no haya exceso de agua.
El hormigón podrá prepararse a mano o con hormigonera de acuerdo con el volumen que se requiera y a la accesibilidad que presente el terreno.
Prohíbase terminantemente el uso de carretillas para la dosificación o medida de materiales que entran en el hormigón.

Forma de pago

Se pagara por cada m3 ejecutado de hormigón que demuestre la resistencia a los 28 días, bajo la norma INEN 1573.

9.- Tapa y boca de visita.

Definición

Es un agujero que se deja en la losa de la tapa del tanque reserva, este sirve para la revisión del interior del tanque ya sea para darle mantenimiento o lavar el mismo.
La tapa es de tool esta sirve de protección para la boca de visita evitando el ingreso de sustancias, sólidos y personal no autorizado.

Proceso

Para la boca de visita se realiza un encofrado en las dimensiones indicadas en el plano, esto es antes de la fundición de la losa de la tapa del tanque de captación.
La tapa es empotrada en la losa mediante ganchos y acoplada con bisagras, además debe contar con la debida seguridad, para lo cual se deberá emplear candados.

Forma de pago

Se pagará por unidad de elemento instalado y comprobado en el sitio destinado por los planos.

10.- Instalación y prueba.

Definición

Consiste en llevar y transportar de la bodega al proyecto para su implantación y de su unión entre sí, colocaremos la tubería en el fondo de la zanja para posteriormente realizar la prueba de inspección o hidrostática.

Proceso

Para su transportación se debe evitar que se maltrate la tubería, para manejar la tubería en la carga y en la colocación en la zanja se emplearán equipos y herramientas adecuadas que no dañen la tubería ni la golpeen, ni la dejen caer., los tramos de tuberías serán iguales a 30m

Los dispositivos mecánicos o de cualquier otra índole utilizados para remover las tuberías, estarán recubiertos de caucho, cuero, yute o lona, a fin de evitar daños en la superficie de las tuberías.

Las tuberías se colocarán de manera que se apoye en toda su longitud en el fondo de la excavación previamente preparada.

Luego para su pegado debemos pasar polilimpia y luego se pondrá una lámina de colipega luego debemos hacer girar un cuarto de vuelta para evitar burbujas y obtener un mejor pegado.

En el caso de empates del proyecto se corta se calienta con soplete, se forma la boquilla con un codo de igual diámetro para su fácil desmontaje.

En la instalación de las tuberías se tendrá cuidado de que no penetre agua o cualquier otra sustancia que ensucie las partes interiores de los tubos y uniones.

Cuando se presente interrupciones en el trabajo, o al término de cada jornada de labores, se taparán los extremos abiertos de las tuberías cuya instalación no esté terminada, de manera que no puedan penetrar en su interior materias extrañas, tierra, basura, etc.

Una vez terminada la unión de la tubería, y previamente a la prueba hidrostática, se realizará un anclaje de relleno provisional de tierra apisonada en la zona central de cada tubo, dejándose al descubierto las uniones para que se realicen las observaciones necesarias en el momento de la prueba.

Terminada la unión y el anclaje de la tubería, se procederá a realizar la prueba hidrostática.

La prueba hidrostática se realizará en tramos no mayores a cinco kilómetros cuando se tenga una línea y tres kilómetros cuando la conducción es mas de una sola línea., en cual se colocará un tapón en uno de los extremo. La tubería se llenará lentamente de agua y se purgará el aire mediante válvulas de aire en la parte más alta de la tubería.

y en el otro extremo que será el más bajo de se colocará un equipo de bombeo con manómetro., con la bomba se aplicará 1.5 veces a la presión del diseño durante un tiempo de (dos) 2 horas En caso que exista fugas se medirá el volumen total que fuga en cada tramo.

Una vez que se haya purgado el aire contenido en la tubería se cerrarán las válvulas de aire y se aplicará la presión de prueba mediante una bomba.

MAXIMOS ESCAPES PERMITIDOS EN CADA TRAMO PROBADOS A PRESION HIDROSTATICA

Presión de Prueba
Kg. /cm.2-Máximo en litros por cada 2.5 cm. de
Diámetro por 24 horas y por unión

14-0.80 litros
12.5-0.70 litros
10-0.60 litros
7-0.49 litros
3.5-0.35 litros

Forma de pago

Se pagará por cada tramo efectivamente probado e instalado.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

EIA del proyecto para "EL ESTUDIO INVESTIGATIVO DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA EL AREA DE EXPANSIÓN URBANA SECTOR LA INMACULADA-EL TROJE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA", aplicando la metodología propuesta por Leopold.

Delimitación del área a evaluar.

Para este caso se considerará el área de influencia directa en su totalidad de todo el proyecto en estudios para la Zona de expansión Urbana sector la Inmaculada – El Troje de la ciudad de Riobamba.

Determinación de las acciones que ejercerá el proyecto sobre el área de estudio.

Una vez analizado el proyecto, las acciones a realizarse son las siguientes (de la lista sugerida por Leopold):

- Modificación de hábitat
- Alteración de cobertura vegetal
- Canalización
- Ruido e introducción de vibraciones extrañas

Determinación para cada acción, qué elementos se afectan en el área de estudio.

Los principales elementos o factores ambientales que se verán afectados por las acciones antes detalladas serán:

1 Espacios abiertos y salvajes
2 Salud y seguridad
3 Empleo
4 Vectores de enfermedades-insectos

Las interacciones entre cada acción y los componentes ambientales que afectan se pueden apreciar en la siguiente matriz:

Análisis de los factores ambientales.

Contaminantes

No se prevé el uso de químicos contaminantes en el sistema de agua potable. Esta agua no se vierte en cauces naturales.

Efecto sobre el ambiente

En sentido negativo no se esperan efectos sobre el ambiente por el uso de contaminantes.

El objetivo principal de un estudio de impactos ambientales, es estudiar las posibles modificaciones del ambiente causadas por el proyecto, ya sea por sus tecnologías o por sus productos, así como la valoración de las mismas, determinándose las condiciones de contorno de las variables involucradas, ya sea cualitativa o cuantitativamente y, así evitar posibles afectaciones ambientales negativas, cuyo costo de corrección sería importante.

En general el modelo empleado para el estudio de impactos ambientales puede interpretarse a través del Cuadro No. 1.

TABLA: CARACTERIZACIÓN DEL MODELO PARA EL ESTUDIO DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Cuadro No. 1. Caracterización del modelo para el estudio de impactos ambientales.

<table>
<tr><td rowspan="4">IMPACTO AMBIENTAL</td><td>SIGNO</td><td colspan="3">Positivo (+) Negativo (-) Indeterminado (x)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">VALOR O NIVEL DE MANIFESTACIÓN</td><td rowspan="2">IMPORTANCIA O NIVEL DE MANIFESTACIÓN CUALITATIVA</td><td>Grado de incidencia</td><td>Intensidad</td></tr>
<tr><td>Caracterización</td><td>Extensión
Plazo de manifestación
Persistencia
Reversibilidad
Sinergia
Acumulación
Efecto
Periodicidad
Recuperabilidad</td></tr>
<tr><td>MAGNITUD O NIVEL DE MANIFESTACIÓN CUANTITATIVA</td><td>Cantidad
Calidad</td><td></td></tr>
</table>

VALORACIÓN CUALITATIVA

Análisis del proyecto y sus alternativas, con el fin de conocerlo en profundidad.

Se analizaron dos alternativas. Debido a que las dos contemplan el mismo nivel de servicio y no implican el uso de tecnologías distintas, los estudios ambientales en cada caso es similar.

Definición del entorno del provecto.

En la declaración de Impactos Ambientales se realizó la recogida de la información necesaria y suficiente para comprender el funcionamiento del medio sin proyecto, las causas históricas que lo ha producido y la evolución previsible si no se actúa.

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL SIN PROYECTO

No se prevee ninguna afectación de factores del medio potencialmente impactados.

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL PROYECTO

Se prevee una afectación de factores del medio potencialmente en: calidad de vida, empleo, salud y seguridad.

Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio. En esta fase desarrollaremos una primera aproximación al estudio de acciones y efectos, sin entrar en detalles.

Los principales efectos esperados son sobre la calidad de vida, empleo, salud y seguridad por el funcionamiento del proyecto.
Además la construcción impacta sobre la economía local con la generación de empleo.

MATRIZ DE INTERACCIÓN

ACCIONES / COMPONENTES AMBIENTAL	Modificación de hábitats	Alteración de la cobertura vegetal	Canalización	Ruido y vibraciones	Cambios en tráfico
Espacios abiertos y salvajes					
Salud y seguridad					
Empleo					
Vectores de enfermedades-insectos					

Donde las cuadrículas rayadas representan la interacción entre las acciones a realizarse y los factores ambientales que son afectados. Para el caso particular, por ejemplo, la acción Modificación de hábitats afectará los componentes ambientales Espacios abiertos y salvajes, y Vectores de enfermedades-insectos, por lo que en las cuadrículas superior e inferior izquierda se ha trazado una diagonal.

VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Análisis general del proyecto

Se afectarán factores ambientales como: empleo, salud y seguridad, paisaje, calidad de aire, ocupación del suelo; considerando que el estudio social efectuado en La INMACULADA-EL TROJE generó un registro de enfermedades de orden hídrico como la IRA, EDA, etc. Dando una exposición de diferentes áreas afectadas tanto negativamente como positivamente consideradas para el proyecto final proceso productivo de empleo, costos creación de puestos de trabajo en las diferentes fases y grado de aceptación pública.

El señalamiento de la importancia que posee este proyecto, El Municipio del Canton Riobamba, es un ente seccional cuya finalidad está establecida en la Ley de Régimen Municipal: servicios públicos, su deber es disponer lo necesario para asegurar el abastecimiento y la distribución de agua potable, alcantarillado samitario, tratamiento de aguas residuales y en cantidad suficiente las 24 horas para el consumo de sus habitantes. Dentro de los estudios de factibilidad se ha establecido una declaratoria de impacto ambiental, la misma que tiene por objeto identificar las alternativas propuestas y estudiar los posibles impactos que se generaría al construirse el sistema y recomendar las acciones tendientes a contrarrestar los problemas ambientales.

Se comprobará el cumplimiento, por parte del proyecto, de la legislación vigente en materia ambiental en el Artículo 19, 24 y 28 de la Ley de Gestión Ambiental.

Definición del entorno del proyecto

Define el ámbito geográfico para el estudio, y la área de influencia para los factores del medio potencialmente impactados estableciendo el área de influencia para cada factor estudiado.

Determinación de la importancia de cada elemento en una escala de 1 a 3 para verificar la importancia de acciones causa-efecto de cada componente ambiental.

MATRIZ DE INTERACCIÓN

ACCIONES / COMPONENTES AMBIENTALES	Modificación de hábitats	Alteración de la cobertura vegetal	Canalización	Ruido y vibraciones	Cambios en tráfico
Espacios abiertos y salvajes	2	2			
Salud y seguridad			3	1	2
Empleo			3		
Vectores de enfermedades-insectos	1	1	2		

Los valores asignados corresponden al análisis de las condiciones que se prevean tener. Por ejemplo, la importancia de la interacción Modificación de hábitats con Espacios abiertos y salvajes se ha considerado como 4. Esto responde a circunstancias en que los espacios abiertos no son tan grandes en relación con la magnitud del proyecto. La acción Canalización, por ejemplo, interactúa con Salud y seguridad, y se ha asignado un puntaje de 9, pues, se ha considerado que la importancia de esta interacción es notoria y relevante, en cuanto a las características propias del proyecto del área de expansión Urbana sector la inmaculada-El Troje de la ciudad de Riobamba.

Determinar la magnitud de cada acción sobre cada elemento, en una escala de 1 a 3.

Determinar si la magnitud si es positiva o negativa.

MATRIZ DE INTERACCIÓN

ACCIONES / COMPONENTES AMBIENTALES	Modificación de hábitats	Alteración de la cobertura vegetal	Canalización	Ruido y vibraciones	Cambios en tráfico
Espacios abiertos y salvajes	-1 / 2	-2 / 2			
Salud y seguridad			3 / 3	-2 / 1	-1 / 2
Empleo			3 / 3		
Vectores de enfermedades-insectos	-2 / 1	-2 / 1	2		

Los valores de Magnitud han sido asignados con su respectivo signo: positivo si se van a verificar beneficios al ambiente, y negativos si se registrarán detrimentos. Estos valores se han fijado considerando sólo la incidencia de la acción propuesta al componente analizado, independientemente de su relación con el proyecto. Por ejemplo, la acción Modificación de hábitats y su interacción con el factor Vectores de Enfermedades-insectos será del orden del 67% (por eso se le asigna el valor de 2); su signo es negativo, pues se generará un detrimento ambiental.

Agregación de los resultados para las acciones causa-efecto.

MATRIZ DE INTERACCIÓN

ACCIONES / COMPONENTES AMBIENTALES	Modificación de hábitats	Alteración de la cobertura vegetal	Canalización	Ruido y vibraciones	Cambios en tráfico	AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGRAGACIÓN DE IMPACTOS
Espacios abiertos y salvajes	-1 / 2	-2 / 2	-2 / 2			**0**	**3**	**-10**
Salud y seguridad			3 / 3	-2 / 1	-1 / 2	**1**	**2**	**5**
Empleo			3 / 3			**1**	**0**	**9**
Vectores de enfermedades-insectos	-2 / 1	-2 / 1	2 / 2			**1**	**2**	**0**
AFECTACIONES POSITIVAS	**0**	**0**	**3**	**0**	**0**			
AFECTACIONES NEGATIVAS	**2**	**2**	**1**	**1**	**1**			
AGREGACIÓN DE IMPACTOS	**-4**	**-6**	**18**	**-2**	**-2**			**4**

La forma cómo cada acción propuesta afecta a los componentes ambientales analizados, se puede visualizar a través de las Afectaciones positivas y Afectaciones negativas para cada columna, que no son más que la suma de cuadrículas marcadas cuya magnitud tenga el signo positivo y negativo, respectivamente. Para el caso particular, de la acción Modificación de hábitats, no fomenta una mejoría ambiental, puesto que su afectación positiva es nula, mientras que su afectación negativa es no nula. Por otro lado, la acción Canalización tiene tres afectaciones positivas y una negativa, es decir que, en términos absolutos, esta causa un beneficio ambiental.

Hasta el momento, con las afectaciones positivas y negativas no se puede saber qué tan beneficiosa o detrimental es la acción propuesta. Para solucionar este problema, se recurre a la agregación de resultados.

Para lograr obtener agregación más real de los efectos, y permitir una mejor ponderación y control de ellos, se puede proceder de la siguiente manera:

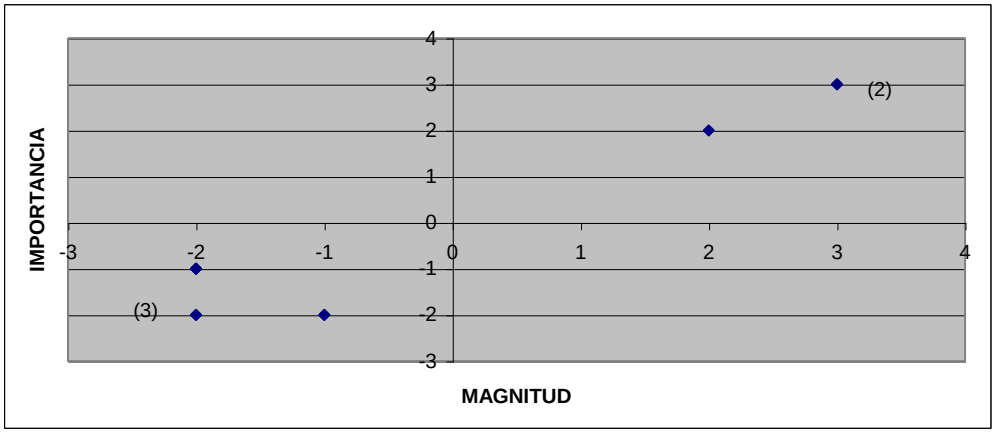
Para obtener el valor a ubicarse en el casillero Agregación de impactos, sólo basta multiplicar el valor de la magnitud con el de importancia de cada celda, y adicionarlos algebraicamente según cada columna. El valor **- 4** que aparece bajo la columna Modificación de hábitats en la fila Agregación de Impactos proviene de multiplicar -1 por 2 (del casillero superior izquierdo) y sumarlo con el producto de - 2 por 1 (del casillero inferior izquierdo).

Agregación de los resultados para los elementos del ambiente.

De igual forma que se hiciera para las columnas, las mismas estadísticas se hacen para cada fila. En este caso, se puede apreciar que el factor ambiental más beneficiado es el Empleo, mientras que el más afectado es Espacios abiertos y salvajes que registran puntajes de **9** y **- 10**, respectivamente.

Finalmente, si se adicionan por separado los valores de la agregación de impactos tanto para las acciones como para los componentes ambientales, el valor obtenido deberá ser idéntico. Si el signo de este valor es positivo, todo el proyecto, para la etapa de análisis, producirá un beneficio ambiental. Si el signo es negativo, el proyecto será detrimental y, de ser necesaria su ejecución, deberán tomarse medidas de corrección o mitigación para las acciones que mayor detrimento ambiental causen (las que tengan el más alto puntaje negativo en la agregación de impactos).

En total, la Agregación de impactos del proyecto analizado es de **4**, lo que implica que el proyecto es beneficioso para la calidad ambiental.
Para realizar un análisis gráfico, basta situar en un sistema de ejes de coordenadas cartesianas los pares ordenados que se forman por los valores en cada casillero de interacción de la matriz, verificando que el signo de los valores de importancia sean iguales a los de magnitud. En el caso de no serlo, se deberá hacer el cambio respectivo.
Los pares ordenados del ejemplo son:
(-1, 2), (-2, 1), (-2, 2), (-2,1), (-2, 2), (3, 3), (3, 3), (2, 2) (-1, 2), (-2, 1) donde cada par indica (signo, magnitud, importancia)
Haciendo el cambio de signo para obtener valores en el primer y tercer cuadrante se tiene:
(-1, -2), (-2, -1), (-2, -2), (-2, -1), (-2, -2), (3, 3), (3, 3), (2, 2), (-1, -2), (-2, -1)
Graficando estos pares ordenados en un sistema de coordenadas donde las abscisas representen la magnitud y las ordenadas la importancia, de cada interacción identificada en el análisis matricial, se obtiene:



Como se puede apreciar, los efectos negativos son cinco, de poca magnitud y sin mucha importancia, en cambio, los positivos son tres, pero de gran magnitud e importancia. Es por esta situación que en el balance total, el proyecto propuesto resulta ser beneficioso para el ambiente.

Según el gráfico, cada punto significa una unidad de área a los efectos de la agregación de impactos.

No se proponen acciones de mitigación, considerando que los principales impactos negativos son de carácter temporal y de media a baja intensidad. Además, impactos como la aparición de vectores y moquitos pueden ser perfectamente controlados por las actividades de operación y mantenimiento del sistema.

LEVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO

Ingreso a la hostería el Troje

Toma de muestra red existente Riobamba

Toma de muestra red existente Chambo

Sito de descarga de aguas servidas emisario nuevo de Riobamba

Sito de descarga de aguas servidas emisario nuevo de Riobamba

Toma de muestra de aguas servidas emisario nuevo

Toma de muestra de aguas servidas emisario nuevo

Planta de tratamiento la Inmaculada

Planta de tratamiento la Inmaculada (sistema de cloracion)

Tanque de reserva la Inmaculada

Válvula planta de tratamiento la Inmaculada

Verificación de altura de pozos existentes

Verificación del estado de pozos existentes

Verificación del estado de pozos existentes

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Vías internas de la Inmaculada – El Troje (verificación de su estado)

Escuela "Cesar Antonio Mosquera" El Troje

CALCULO DE LA TARIFA POR m^3

Las tarifas definitivas por uso del sistema de agua potable se han calculado considerando los costos de operación y mantenimiento en cada caso. Un componente común es el costo del Hipoclorito de Sodio.

Para los cálculos se ha considerado un 2% de crecimiento anual de los precios de insumos. El costo de oportunidad del capital se asume como cero (VAN=0). No se pretende recuperar el capital invertido, únicamente se cubrirán con las tarifas los costos de operación y mantenimiento.

En el sistema a gravedad se ha establecido una tarifa por usuario y una por m3 consumido. Para el cálculo por m3 se asume una familia tipo constituida por 5 personas con un consumo medio de 150 lt/hab.dia, con un total de 383250 m3 al año.

El cálculo de tarifas se detalla a continuación:
Sistema a gravedad:

TARIFA ANUAL POR USUARIO	$38.325 (0.10*383.25)
TARIFA MES POR USUARIO	$3.19 (38.325/12)
TARIFA POR m3	$0.10