

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“DOTACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS
SERVIDAS Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS A LA
COMUNIDAD DE ENGABAO”**

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Karen Andrea Aguilar Paredes.
Sofía Estefanía Velasteguí Arriaga.

GUAYAQUIL-ECUADOR

2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto gozando de salud para lograr mis objetivos, a mi mamá Miryan Paredes y a mi papá Juan Aguilar de quienes recibí ese apoyo incondicional, su paciencia, sus enseñanzas, y por ser mi ejemplo de desarrollo profesional.

Karen Andrea Aguilar
Paredes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, por sus constantes palabras de apoyo que no me permitieron tirar la toalla, principalmente a mi hermano Reinaldo que me incentiva a ser su modelo a seguir cada día.

Y agradezco a Dios por brindarme salud y enseñarme que a pesar de que el camino luzca empinado, siempre se puede alcanzar la cima.

Sofía Estefania Velasteguí
Arriaga.

DEDICATORIA

Dedicado en especial a mis Padres que fueron un gran apoyo en todo este camino, por sus consejos, sus valores y por ser mi motivo de superación todos los días, a mi hermana quien siempre me alienta a seguir cuando decaigo, y a mis tíos por sus ejemplos de perseverancia y constancia.

Karen Andrea Aguilar Paredes.

DEDICATORIA

A mi madre y a mis hermanos, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo.

A mis amigos por darme ánimos en esta etapa de mi vida y mostrarme que con solo unas palabras de aliento puede cambiar el curso de mi día.

Y sobre todo a Dios por darme la fortaleza de alcanzar mis sueños.

Sofía Estefania Velasteguí
Arriaga.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

PhD. Miguel Ángel Chávez
Moncayo

M.Sc. Alby del Pilar Aguilar
Pesantes

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Karen Andrea Aguilar Paredes

Sofía Estefania Velasteguí Arriaga

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el desarrollo de un proyecto que permite la evacuación de las aguas negras y el drenaje de aguas lluvias, en un área aproximada de 54.04 Ha, en donde se ha asentado una población de 3020 habitantes (registrada hasta el año 2015).

Se evidenció la necesidad de desarrollar un proyecto de esas características para mejorar la calidad de vida de los moradores de la comunidad de Engabao, y crear las condiciones favorables para un desarrollo urbanístico, y así posibilidades turísticas.

Para la ejecución del presente estudio se partió de un levantamiento topográfico amplio que incluye toda el área de asentamiento de la población y de sectores adyacentes.

Se considerarán también las características geológicas del sector, ya que se trata de una planicie emplazada al pie de los cerros de Engabao. Por estas mismas razones, el estudio hidrológico tienen gran incidencia, principalmente debido al sistema de drenaje que se hace presente en los períodos lluviosos.

Debido a que en la actualidad se tiene una implantación un tanto caótica de viviendas como de calles, para desarrollar el sistema de alcantarillado de aguas servidas y el drenaje de aguas lluvias, se propone un mejoramiento del trazado de las calles, de tal manera que no se presentan dificultades para la implantación de la red de aguas negras y el drenaje pluvial.

En la realización del presente trabajo, se desarrollan tres alternativas posibles, el principal criterio aplicado para su selección, se apoya en la elaboración de presupuestos determinados a partir de costos unitarios.

se describe un importante proyecto de sistema de evacuación de las aguas negras y drenaje pluvial, en un área aproximada de 54.04 Ha, con una cantidad de habitantes hasta el 2015 de 3020, ya que actualmente no cuentan con un sistema óptimo ni una planta donde el agua pueda ser evacuada posteriormente.

Se partió de estudios topográficos del lugar, geológicos, precipitaciones y demás que puedan aportar a analizar las condiciones para la construcción de este sistema. Se empleó Autocad Civil 3D y el uso de hojas electrónicas para un correcto diseño del Proyecto y así poder analizar las alternativas planteadas.

Se plantearon tres alternativas para solucionar este problema de la comuna, ayudando así al aporte de un servicio básico necesario para el sector, aumento del turismo y mejorando las condiciones de salud de la población que habita en Engabao.

Debido a las irregularidades que presenta el terreno, se planteó además en una de las soluciones, un mejoramiento de las calles y vías de acceso dentro de la comuna.

Finalmente se realizó un presupuesto de la construcción de las obras según las alternativas de diseño propuestas en el proyecto, eligiendo así la alternativa de bajo costo, eficiente y óptima.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| RESUMEN | VIII |
| ÍNDICE GENERAL..... | XI |
| ÍNDICE DE TABLAS | XXI |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XXIII |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | XXVI |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | XXVII |
| ABREVIATURAS | XXX |
| SIMBOLOGIA | XXXI |
| CAPITULO I | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Antecedentes..... | 2 |
| 1.2.1 Datos generales de la comuna Engabao..... | 2 |
| 1.2.2 Descripción del proyecto de dotación de sistema de alcantarillado a la comunidad de Engabao | 4 |
| 1.3 Objetivos..... | 6 |
| 1.3.1 General..... | 6 |

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| 1.3.2 | Específicos | 6 |
| 1.4 | Información disponible | 7 |
| 1.4.1 | Ubicación Geográfica | 7 |
| 1.5 | Características Físicas..... | 8 |
| 1.5.1 | Tipo de Suelo | 8 |
| 1.5.2 | Uso de Suelo | 9 |
| 1.5.3 | Topografía y Relieve..... | 9 |
| 1.6 | Características Climáticas | 10 |
| 1.6.1 | Clima | 10 |
| 1.6.2 | Precipitación..... | 12 |
| 1.6.3 | Humedad Relativa | 13 |
| 1.6.4 | Nubosidad | 15 |
| 1.6.5 | Viento | 16 |
| 1.6.6 | Recursos Hídricos | 18 |
| 1.7 | Servicios Básicos..... | 19 |
| 1.8 | Riesgo de Inundaciones | 20 |
| 1.9 | Riesgo Sísmico | 20 |
| 1.10 | Aspectos Socio-Económicos | 22 |

| | | |
|------------------|--|----|
| 1.10.1 | Población Total..... | 22 |
| 1.10.2 | Población Económicamente Activa | 23 |
| 1.11 | Aspectos Urbanísticos | 24 |
| 1.11.1 | Descripción General | 24 |
| 1.11.2 | Establecimientos Educativos..... | 25 |
| 1.11.3 | Servicios de Salud..... | 26 |
| 1.11.4 | Seguridad | 26 |
| 1.11.5 | Vías de Acceso y Transporte..... | 26 |
| 1.11.6 | Infraestructura | 28 |
| CAPITULO II..... | | 30 |
| 2. | BASES DE DISEÑO..... | 30 |
| 2.1 | Problemática de la zona | 30 |
| 2.2 | Planteamiento de alternativas..... | 31 |
| 2.3 | Análisis Poblacional..... | 32 |
| 2.4 | Población Futura por crecimiento aritmético..... | 33 |
| 2.5 | Población Futura por crecimiento geométrico..... | 35 |
| 2.6 | Población Futura Promedio | 37 |
| 2.7 | Densidad de la Población | 38 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| 2.8 | Dotación..... | 38 |
| 2.9 | Área de Aportación | 39 |
| 2.10 | Caudales de Diseño..... | 40 |
| 2.10.1 | Factor de retorno | 40 |
| 2.10.2 | Caudales de Aguas servidas | 40 |
| 2.10.3 | Coefficiente de Flujo Máximo | 41 |
| 2.10.4 | Caudal máximo horario..... | 42 |
| 2.10.5 | Caudal de Infiltración | 42 |
| 2.10.6 | Caudal de Conexiones Erradas..... | 44 |
| 2.10.7 | Caudal de aguas lluvias..... | 44 |
| 2.10.8 | Coefficiente de Escorrentía | 45 |
| 2.11 | Identificación y Selección de Sistemas de Tratamiento | 46 |
| CAPITULO III | | 48 |
| 3. | PROCESAMIENTO DEL TRABAJO DE CAMPO | 48 |
| 3.1 | Estudio de Suelo..... | 48 |
| 3.2 | Metodología de Trabajo de Campo..... | 48 |
| 3.3 | Metodologías de trabajo de laboratorio..... | 49 |
| 3.4 | Granulometría | 50 |

| | |
|---|----|
| CAPITULO IV..... | 56 |
| 4. CÁLCULO Y DISEÑO | 56 |
| 4.1 Hidráulica de las alcantarillas..... | 56 |
| 4.2 Tuberías..... | 57 |
| 4.2.1 Dimensiones de las Tuberías | 57 |
| 4.2.2 Capacidad de las tuberías | 57 |
| 4.2.3 Velocidades Mínimas..... | 59 |
| 4.2.4 Velocidades Máximas..... | 60 |
| 4.2.5 Materiales a usar en las tuberías..... | 60 |
| 4.2.6 Cimentación en las tuberías de alcantarillado | 62 |
| 4.3 Elementos del Sistema | 62 |
| 4.3.1 Pozos de Revisión..... | 62 |
| 4.3.2 Cajas Domiciliarias | 65 |
| 4.4 ALTERNATIVA 1: Cálculos Hidráulicos | 65 |
| 4.4.1 Datos Iniciales de Diseño del Proyecto | 65 |
| 4.4.2 Descripción de Hoja de cálculo de datos iniciales | 65 |
| 4.4.3 Datos Finales del Proyecto..... | 70 |
| 4.4.4 Descripción de Hoja de Cálculo de datos finales..... | 70 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.5 | ALTERNATIVA 2: Cálculos Hidráulicos | 74 |
| 4.5.1 | Datos Iniciales de Diseño del Proyecto | 74 |
| 4.5.2 | Descripción de Hoja de cálculo de datos iniciales | 74 |
| 4.5.3 | Datos Finales del Proyecto..... | 78 |
| 4.5.4 | Descripción de Hoja de Cálculo de datos finales..... | 78 |
| 4.6 | SISTEMA DE BOMBEO | 82 |
| 4.6.1 | Línea de Impulsión | 82 |
| 4.6.2 | Diseño del Cárcamo | 84 |
| 4.6.3 | Verificación de Líneas de conducción de bombeo actual | 85 |
| 4.6.4 | Verificación de líneas de conducción de bombeo actual | 86 |
| 4.7 | TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES: Lagunas de Oxidación..... | 88 |
| 4.7.1 | Tratamiento Preliminar | 88 |
| 4.7.2 | Dimensionamiento de la Rejilla | 89 |
| 4.7.3 | Diseño de Laguna Facultativa | 92 |
| 4.7.4 | Diseño de Laguna de Maduración 1 | 97 |
| 4.7.5 | Diseño de Laguna de Maduración 2..... | 101 |
| 4.8 | DISEÑO DE SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS SUPERFICIAL | 103 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.8.1 | Diseño de la estructura del Pavimento | 104 |
| 4.8.2 | Tráfico..... | 105 |
| 4.9 | ALTERNATIVA 3: Diseño de Humedales Domiciliarios con bio-filtro..... | 140 |
| 4.9.1 | Pre-tratamiento o Tratamiento Primario Diseño del Humedal Domiciliario | 141 |
| 4.9.2 | Tratamiento Biológico o Biofiltro | 141 |
| 4.9.3 | Dimensionamiento de Humedal Domiciliario para un grupo de 20 casas (3 habitantes/casa)..... | 143 |
| | CAPITULO V..... | 146 |
| 5. | EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL..... | 146 |
| 5.1 | Antecedentes..... | 146 |
| 5.2 | Marco Legal | 147 |
| 5.3 | Factores Ambientales | 158 |
| 5.4 | Evaluación de Impactos..... | 158 |
| 5.4.1 | Etapas de construcción: | 158 |
| 5.4.2 | Durante la Fase de Operación..... | 166 |
| 5.4.3 | Después de Vida Útil | 168 |
| 5.5 | Plan de mitigación..... | 171 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO VI..... | 177 |
| 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | 177 |
| 6.1 Excavación y Desalojo de zanja para tubería | 177 |
| 6.2 Relleno compactado al 95% del Proctor modificado con material de sitio | 180 |
| 6.3 Relleno de Arena. | 184 |
| 6.4 Suministro e instalación de colector PVC, D=200mm..... | 186 |
| 6.5 Suministro e instalación de colector de Hormigón Simple, D=300mm | 188 |
| 6.6 Suministro e Instalación de Redes de PVC Desague Φ 110mm (incl. accesorios) | 190 |
| 6.7 Caja de Registro AASS de HS, cuello de HA y tapa de HA (50x50cm) | 193 |
| 6.8 Cámara de Inspección HA D=900mm..... | 195 |
| 6.9 Desbroce, desbosque y limpieza | 196 |
| 6.10 Trazado y Replanteo..... | 199 |
| 6.11 Excavación sin clasificar | 201 |
| 6.12 Desalojo de Material | 203 |
| 6.13 Excavación y relleno para estructuras | 205 |

| | | |
|------|---|-----|
| 6.14 | Material de préstamo importado | 208 |
| 6.15 | Transporte de Material de Excavación (Transporte Libre 500 m) .. | 210 |
| 6.16 | Transporte de Material Préstamo Importado | 211 |
| 6.17 | Procedimiento de trabajo. | 212 |
| 6.18 | Excavación para cunetas y encauzamientos | 213 |
| 6.19 | Hormigón ciclópeo | 215 |
| 6.20 | Tubería PVC D=315 mm, para drenaje..... | 216 |
| 6.21 | Suministro e instalación de colector PVC, D=200mm..... | 219 |
| 6.22 | Imprimación Asfáltica..... | 221 |
| 6.23 | Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico..... | 223 |
| 6.24 | Aceras de Hormigón Clase B $f_c=210$ kg/cm ² | 227 |
| 6.25 | Suelo – cemento tendido y compactado | 230 |
| 6.26 | Marcas de Pavimento - (Pintura amarilla retroreflectiva línea continua 15 cm)..... | 234 |
| 6.27 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva contigua 15 cm) 236 | |
| 6.28 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva entrecortada 15 cm)..... | 238 |
| 6.29 | Señal Reglamentaria (0,90mx0,90m), inc. Instalación | 240 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| 6.30 | Señal Informativa de destino (3.25mx2.40m), inc. Instalación | 242 |
| 6.31 | Señal Preventiva, inc. Instalación | 243 |
| CAPITULO VII..... | | 246 |
| 7. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 246 |
| 7.1 | Conclusiones | 246 |
| 7.2 | Recomendaciones | 249 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla I.- Porcentaje de Humedad Relativa | 14 |
| Tabla II. Velocidad del Viento Promedio | 17 |
| Tabla III.- Principales Actividades en la comuna de Engabao, Censo de Población y Vivienda 2010..... | 23 |
| Tabla IV.- Detalle de Dotación (l/hab/día) de la comuna de Engabao | 39 |
| Tabla V.- Valores del Coeficiente de Flujo Máximo | 42 |
| Tabla VI.- Valores de Caudales de Infiltración | 43 |
| Tabla VI.- Valores de Coeficiente de Escurrimiento..... | 46 |
| Tabla VI.- Ensayo de Granulometría de la muestra 1 de suelo..... | 50 |
| Tabla VII.- Ensayo de Granulometría de la muestra 2 de suelo..... | 51 |
| Tabla VII.- Ensayo de Granulometría de la muestra 2 de suelo..... | 53 |
| Tabla VII.- Resultados de Limites de Atterberg..... | 54 |
| Tabla XII.- Velocidades máximas y coeficientes de rugosidad | 60 |
| Tabla XI.- Diámetros de pozos de revisión | 63 |
| Tabla XII.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño | 67 |
| Tabla XIII.- Hoja de Cálculos Finales de Diseño | 72 |
| Tabla XIII.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño | 75 |
| Tabla XV.- Hoja de Cálculos Finales de Diseño | 80 |
| Tabla XV.- Características Generales de las Rejillas..... | 89 |
| Tabla XV.- Resumen de las dimensiones de la Rejilla..... | 92 |

| | |
|---|-----|
| Tabla XV.- Resumen de las características de la Laguna Facultativa | 96 |
| Tabla XV.- Resumen de las características de la Laguna de Maduración 1 | 100 |
| Tabla XV.- Resumen de las características de la Laguna de Maduración 2 | 103 |
| Tabla XXIII.- Resumen de las características de la Laguna de Maduración 2 | |
| | 104 |
| Tabla XXIII.- Clasificación de carreteras según TPDA..... | 108 |
| Tabla XXV.- Velocidades de Diseño en km/h | 109 |
| Tabla XXVI.- Anchos de calzada mínimos..... | 115 |
| Tabla XXVI.- Caudales de precipitación acumulados | 123 |
| Tabla XXVI.- Caudales de escorrentía..... | 125 |
| Tabla XXIX.- Relación de señalización línea segmentada..... | 130 |
| Tabla XXIX.- Relación señalización / línea espaciamiento de carril..... | 132 |
| Tabla XXIII.- Concentración de DBO estimada de varios usos de tierra,.... | 142 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Ubicación Geográfica de Engabao | 8 |
| Figura 2. Temperatura Máxima Media Anual | 11 |
| Figura 3. Mapa de Clima, Cantón Villamil Playas. | 12 |
| Figura 4 Precipitación mensual (mm). Período 1962-2005, en la estación meteorológica m-173 Villamil Playas. | 13 |
| Figura 5. Climatología de humedad relativa de las estaciones fijas..... | 15 |
| Figura 6. Nubosidad y Temperatura de Ecuador Continental. | 16 |
| Figura 7. Velocidad del viento en Estaciones Meteorológicas | 17 |
| Figura 8. Velocidad del viento en Estaciones Meteorológicas | 18 |
| Figura 9. Mareas Anuales año 2015 | 19 |
| Figura 10. Intensidades Sísmicas esperadas en Ecuador. | 22 |
| Figura 11. Proyección Futura de la población de Engabao en el año 2035.. | 37 |
| Figura 12. Curva Granulométrica de la muestra 1 de suelo..... | 51 |
| Figura 13. Curva Granulométrica de la muestra 2 de suelo..... | 52 |
| Figura 14. Curva Granulométrica de la muestra 3 de suelo..... | 53 |
| Figura 15. Grados de expansión de suelos..... | 55 |
| Figura 14. Conducto parcialmente lleno..... | 59 |
| Figura 15. Pozo de Revisión | 64 |
| Figura 18. Inclinación de la varilla..... | 90 |
| Figura 19. Clasificación de pendientes según el tipo de terreno..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Figura 20. Módulo de reacción de la subrasante | 110 |
| Figura 21. Coeficiente de consumo de fatiga..... | 111 |
| Figura 22. Gráfica para diseño de espesor de suelo-cemento grueso granular | 112 |
| Figura 22. Gráfica para diseño de espesor de suelo-cemento grueso granular | 113 |
| Figura 24. Reducción del espesor de suelo-cemento por la colocación de un revestimiento bituminoso | 114 |
| Figura 24. Diseño de cunetas. | 117 |
| Figura 26. Esquema drenaje AALL. | 124 |
| Figura 26. Corte transversal-Detalle de calzada..... | 126 |
| Figura 28. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta..... | 129 |
| Figura 29. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta..... | 131 |
| Figura 29. Doble línea mixta. | 131 |
| Figura 31. Líneas de separación de carriles segmentados..... | 132 |
| Figura 32. Líneas de separación de carriles segmentados..... | 134 |
| Figura 31. Línea de pare en intersección con semáforos. | 134 |
| Figura 34. Líneas de cruce cebra. | 135 |
| Figura 35. Línea de ceda el paso en cruce escolar. | 136 |
| Figura 36. Señales Reglamentarias..... | 138 |
| Figura 36. Señales Reglamentarias..... | 138 |
| Figura 15. Esquema del sistema de Tratamiento de un Biofiltro..... | 140 |

| | |
|---|-----|
| Figura 39. Caracara crestado. | 162 |
| Figura 40. Iguana del Pacífico. | 162 |
| Figura 36. <i>Sesuvium portuacastrum</i> | 163 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|----|
| Fotografía 1. Mala Conexión de una red..... | 3 |
| Fotografía 2. Calles de la Comuna Engabao | 4 |
| Fotografía 3. Irregularidad del terreno de Engabao | 5 |
| Fotografía 4. Mala Conexión de una red..... | 10 |
| Fotografía 4. Vías de acceso en Engabao..... | 25 |
| Fotografía 6. Vías de acceso en Engabao..... | 27 |
| Fotografía 7. Transporte Público de Engabao | 27 |
| Fotografía 8. Vivienda Familiar típica del sector. | 29 |
| Fotografía 8. Vías de acceso en Engabao..... | 31 |
| Fotografía 10. Recolección de las muestras de suelo | 49 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| [Ecuación 1] Factor de crecimiento de población..... | 33 |
| [Ecuación 2] Población futura aritmética..... | 34 |
| [Ecuación 3] Tasa de crecimiento anual | 35 |
| [Ecuación 4] Poblacion futura geométrica..... | 36 |
| [Ecuación 5] Población futura promedio | 37 |
| [Ecuación 6] Densidad futura..... | 38 |
| [Ecuación 7] Caudal medio final..... | 40 |
| [Ecuación 8] Fórmula de Babbitt..... | 41 |
| [Ecuación 9] Fórmula de Harmon | 41 |
| [Ecuación 10] Caudal máximo horario | 42 |
| [Ecuación 11] Caudal de diseño | 44 |
| [Ecuación 12] Caudal de aguas lluvias | 45 |
| [Ecuación 13] Formula de manning | 57 |
| [Ecuación 14] Cálculo de caudal..... | 58 |
| [Ecuación 15] Cálculo de caudal con manning | 58 |
| [Ecuación 16] Grado sexagesimal de la tubería..... | 58 |
| [Ecuación 17] Radio Hidráulico..... | 58 |
| [Ecuación 18] Área mojada | 58 |
| [Ecuación 19] Perímetro mojado..... | 58 |

| | |
|--|-----|
| [Ecuación 20] Esfuerzo Cortante | 59 |
| [Ecuación 21] Velocidad aproximada en línea impulsión | 82 |
| [Ecuación 22] Volumen del cárcamo..... | 84 |
| [Ecuación 23] Potencia de la bomba..... | 86 |
| [Ecuación 24] Velocidad de propagación de la onda | 87 |
| [Ecuación 25] Sobrepresión de golpe de ariete | 87 |
| [Ecuación 26] Altura total de la rejilla | 90 |
| [Ecuación 27] Longitud de barras | 91 |
| [Ecuación 28] Suma de separación entre barras | 91 |
| [Ecuación 29] Número de barras | 91 |
| [Ecuación 30] Pérdida de carga en las barras | 91 |
| [Ecuación 31] Carga de Diseño | 92 |
| [Ecuación 32] Área de la laguna facultativa | 93 |
| [Ecuación 33] Volumen de la laguna..... | 93 |
| [Ecuación 34] Largo y ancho de la laguna | 93 |
| [Ecuación 35] Tiempo de retención..... | 94 |
| [Ecuación 36] Remoción de coliformes fecales..... | 95 |
| [Ecuación 37] Constante de remoción de coliformes fecales..... | 95 |
| [Ecuación 38] Remoción de DBO | 95 |
| [Ecuación 39] Constante de remoción DBO..... | 96 |
| [Ecuación 40] Tráfico Proyectado | 106 |
| [Ecuación 41] Tráfico desviado | 106 |

| | |
|---|-----|
| [Ecuación 42] Tráfico generado | 106 |
| [Ecuación 43] Cálculo de TPDA..... | 106 |
| [Ecuación 44] Radio hidráulico..... | 118 |
| [Ecuación 45] Ecuación de la continuidad..... | 118 |
| [Ecuación 48] Intensidad de precipitación..... | 120 |
| [Ecuación 46] Tiempo de concentración | 120 |
| [Ecuación 47] Longitud de alcantarillas..... | 120 |
| [Ecuación 49] Área de aportación de cada tramo de calle | 121 |
| [Ecuación 50] Constante de tiempo de retención..... | 142 |
| [Ecuación 51] Tiempo de retención..... | 142 |
| [Ecuación 52] Carga Orgánica | 143 |
| [Ecuación 53] Área del humedal | 144 |
| [Ecuación 54] Ancho del humedal..... | 144 |
| [Ecuación 55] Largo del humedal..... | 144 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------|---|
| AASS | Aguas Servidas |
| AALL | Aguas Lluvias |
| OPS | Organización Panamericana de la Salud |
| CEPIS | Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente |
| H.A. | Hormigón Armado |
| H.S. | Hormigón Simple |
| IGM | Instituto Geográfico Militar |
| INEC | Instituto Nacional de Estadística y Censos |
| INAMHI | Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología |
| MTOP | Ministerio de Transporte y Obras Públicas |
| OPS | Organización Mundial de la Salud |
| PVC | Policloruro de vinilo |
| TULAS | Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria |

SIMBOLOGIA

| | |
|----------------|-------------------------------|
| H | Altura |
| Q | Caudal |
| Kf | Coefficiente de forma |
| Ka | Coefficiente de simultaneidad |
| K | Coefficiente de uniformidad |
| Dd | Densidad de drenaje |
| ° | Grado Centígrado |
| hab | Habitantes |
| Ha | Hectárea |
| Kc | Índice de Gravelius |
| Km | Kilometro |
| L | Litros |
| L | Longitud |
| M | Metro |
| m ³ | Metro cúbico |
| min | Minuto |
| mm | Milímetro |
| T | Período de retorno |
| % | Porcentaje |
| s | Segundo |
| Tc | Tiempo de concentración |

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Es evidente que el manejo del agua constituye una prioridad en todo nuestro planeta. La escasez de agua para consumo humano es cada vez más acentuada y dado que el líquido elemental es necesario para todos los seres vivos, su aprovechamiento óptimo es el que debe seguirse.

En el caso del poblado de Engabao, ubicado en la comuna del mismo nombre, se establece claramente que existe un déficit de agua dulce, ya que las lluvias son muy escasas y existen muy pocas áreas verdes, exceptuando el bosque seco tropical que se tiene en las partes altas.

Esta población costera que carece de algunos de los servicios básicos, las viviendas que han sido construidas sin seguir un ordenamiento urbano generan AASS que se descargan directamente en pozos sépticos y en algunos casos directamente en la playa.

El proyecto que se propone está orientado a resolver uno de los principales problemas de la afectada población, que constituyen realizar una red de AASS y el drenaje de aguas lluvias, pero se requiere previamente disponer de un trazado de calles cuyos elementos deben estar en concordancia con el sistema de alcantarillado, en el presente trabajo, también se realiza una propuesta para implantar y construir calles en la población de Engabao.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Datos generales de la comuna Engabao

Con la finalidad de que el tema a desarrollarse, en la materia integradora tenga una aplicación socioeconómica, orientada a favorecer asentamientos urbanos o poblaciones de muy escaso desarrollo socioeconómico, se eligió Engabao como la población donde se requiere desarrollar, en forma prioritaria, un proyecto de manejo de alcantarillado de AASS y de drenaje de AALL.

La forma como se descarga las AASS está afectando directamente a la salud de los pobladores, además está causando contaminación tanto al suelo como a la playa.



Fotografía 1. Mala Conexión de una red
Tomada por el autor

Engabao está emplazada al pie de los cerros del mismo nombre y si bien tiene un clima semiárido a árido, cuando presentan las lluvias pueden acumularse debido a la cuenca de drenaje, grandes caudales que llegan a la población, generando erosión y pequeños aludes que pueden afectar directamente a las viviendas.

1.2.2 Descripción del proyecto de dotación de sistema de alcantarillado a la comunidad de Engabao

Se estima que en la actualidad existen unos 3000 habitantes y posiblemente más de 1000 viviendas. Del trabajo de campo efectuado se deduce que un alto porcentaje de viviendas, aproximadamente un 70% posee pozos sépticos. El 30% restante de viviendas descargan las AASS en varias tuberías, las cuales llegan finalmente a la playa.

Debido a que no existen calles regularmente conformadas que posean capas de rodadura como se muestra en la fotografía 2, la reacción indica se hace presente en todos los sectores y de manera especial en las quebradas naturales, algunas de las cuales están rellenas.



Fotografía 2. Calles de la Comuna Engabao
Tomado por el autor

Debido al flujo de caudales se constata en la fotografía 3, símbolo de erosión que inclusive puede generar deslizamientos y en consecuencia afectaciones a las viviendas.



Fotografía 3. Irregularidad del terreno de Engabao
Tomado por el autor

La comuna de Engabao consta con un sistema de alcantarillado, evidentemente insuficiente e ineficiente, el cual no abastece a todo el pueblo, sino que beneficia solo a ciertas zonas. Además, las calles del sector escogido como lugar de estudio, no están pavimentadas en su mayoría, ya que algunos caminos se encuentran simplemente lastrados o son de tierra.

El objetivo principal del Proyecto del sistema de alcantarillado consiste en garantizar el abastecimiento de este recurso a todos los habitantes, que cubra el área requerida, pero que además

estas aguas reciban un tratamiento previo a ser desembocadas en este caso al mar. De esta manera se obtiene un sistema de alcantarillado sustentable y eficiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Diseñar un sistema de alcantarillado y drenaje de aguas lluvias con su respectiva planta de tratamiento en la comuna de Engabao.

1.3.2 Específicos

- Verificar el sistema de alcantarillado actual de la comuna Engabao.
- Determinar el caudal de salida de las aguas residuales del Poblado.
- Diseñar las calles en el área urbana de la población.
- Proponer soluciones óptimas y amigables con el medio ambiente para el desarrollo turístico de la comunidad.

1.4 Información disponible

Para la realización de este proyecto se contó con información disponible de varias fuentes, entre ellas:

1.4.1 Ubicación Geográfica

Engabao se encuentra ubicada al norte de Villamil Playas en una vía provincial de sentido oeste-este ubicada en la Provincia del Guayas a 9 Km de Playas Villamil por una vía en mal estado. Tiene una extensión de 8000 metros y un ancho de 50 metros con pocas pendientes, pero con algunas excavaciones de suelo. Según los datos del Censo INEC 2010 esta comuna posee una población de 2600 habitantes, su cabecera urbana se encuentra localizada a una distancia de 110 km de Guayaquil.

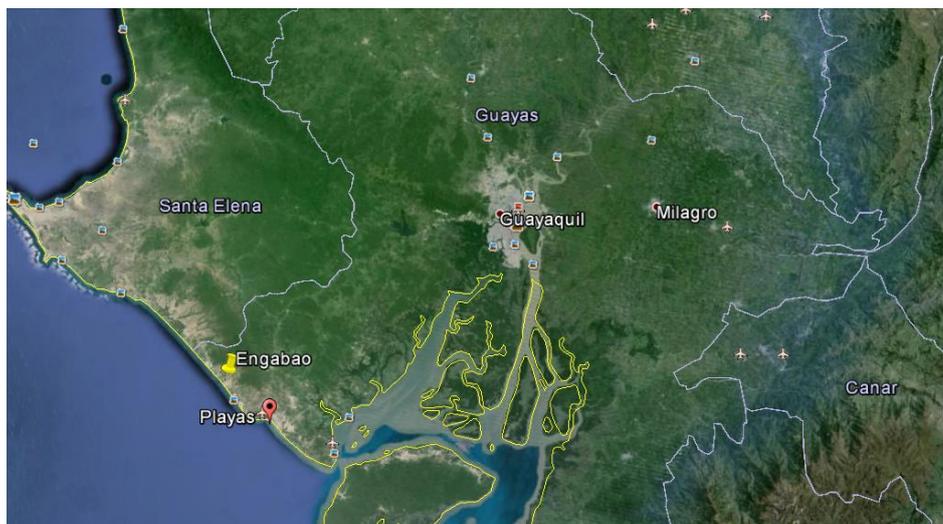


Figura 1. Ubicación Geográfica de Engabao
Fuente: Google Earth

Limita al norte con la comuna San Miguel y Engunga; al sur con la cabecera cantonal 'Playas', al este con la comuna San Miguel y al oeste con el Océano Pacífico; Engabao, también conocido como 'Playa Escondida', está ubicado entre las coordenadas geográficas 2°33.7' Lat. Sur y 80°29.9 Long. Oeste perteneciente al cantón Playas.

1.5 Características Físicas

1.5.1 Tipo de Suelo

El levantamiento y aumento del nivel del mar durante el Cuaternario, han dejado depósitos de terrazas marinas que dan

forma a la geomorfología peninsular. Éstas conforman la formación Tablazo (Anexos: Carta IGM, hoja 17) que nace de formaciones antiguas, formando conglomerados y arenas.

Se observa un paisaje muy amplio de zona de pescadores, y de playa propiamente con zonas secas de lugares salinos. Existen superficies rocosas en la zona de Punta Piedra, donde se encuentran acantilados de bajo ángulo. Y en la orilla de la playa, se observan varias formaciones de arenisca de grano fino.

1.5.2 Uso de Suelo

Un análisis del lugar, determina que en la zona, el uso de suelo es comúnmente usado para:

- Agricultura
- silvicultura y pesca,
- Desarrollo turístico

1.5.3 Topografía y Relieve

La comuna de Engabao posee una topografía variada ya que está conformada de quebradas del relieve debido a excavaciones realizadas por el hombre, lo que han dado lugar

pequeñas hondonadas en todo el pueblo, pero a su vez, se observan sitios planos en donde están ubicadas algunas de las casas del sector.



Fotografía 4. Irregularidad del terreno de Engabao
Tomada por el autor

Las calles se encuentran en mal estado, sin asfaltar, sin bordillos ni cunetas en donde el agua pueda ser drenada y sin un diseño respectivo de la vía de acceso, originando un relieve irregular del sector por la falta de planificación urbanística.

1.6 Características Climáticas

1.6.1 Clima

El clima que posee la costa ecuatoriana resulta de la presencia de dos corrientes oceánicas como son la de Humbolt y de

Panamá, las cuales interfieren en los cambios de clima en todo el año.

En la zona de Engabao corresponde a un tipo Tropical Megatérmico Árido a Semiárido. Posee un clima soleado en los meses de diciembre a abril y húmeda en los meses de mayo a noviembre. La temperatura es bastante cálida y oscila entre 24.°C a 26.°C por el lugar donde está ubicado.

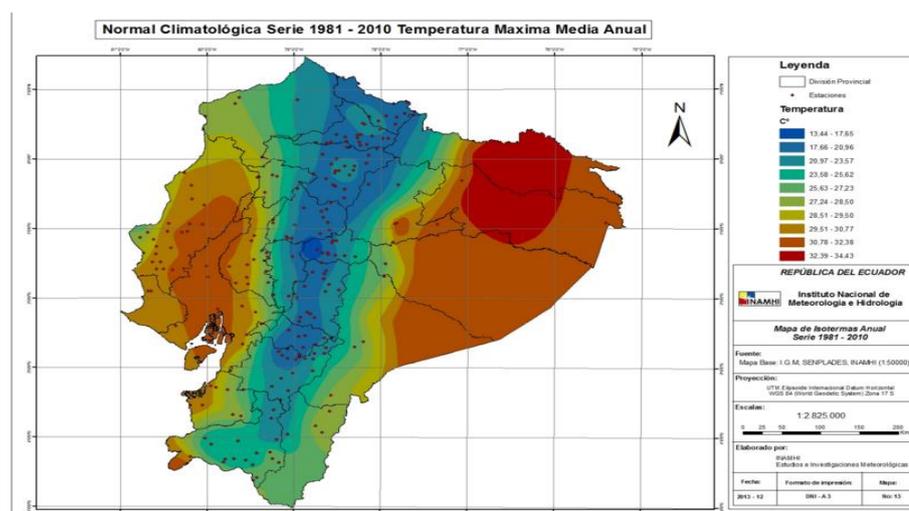


Figura 2. Temperatura Máxima Media Anual
 Fuente: INAMHI

En los meses de mayo hasta finales de diciembre, casi toda la vegetación del sector del puerto carecen de follaje, pero cuando llueve en los meses de enero a mayo, la vegetación reverdece

nuevamente. Su ecosistema presenta época seca de alrededor de 8 meses, y otra lluviosa de 4 meses.

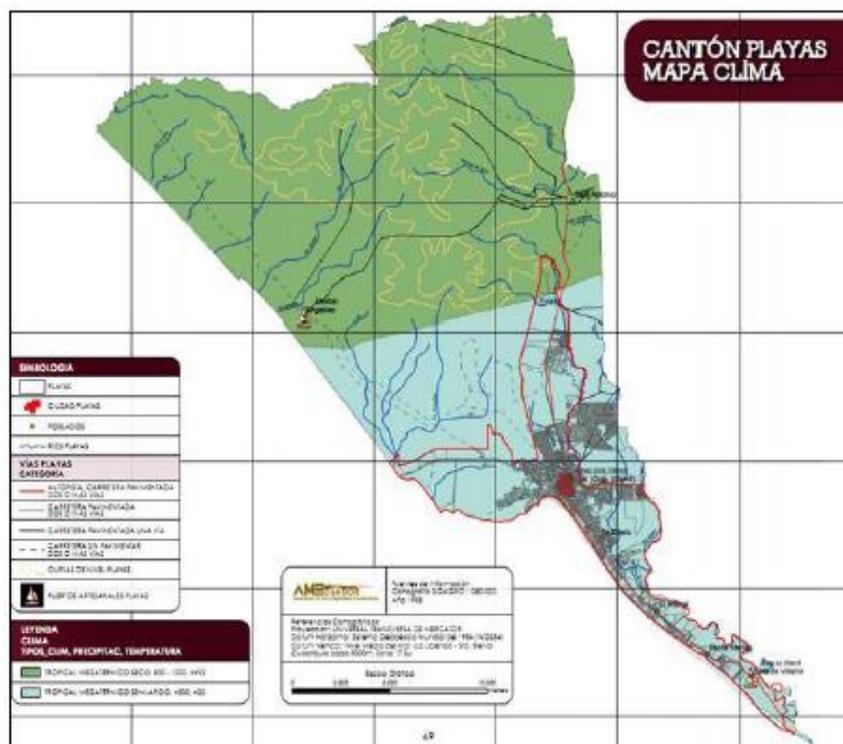


Figura 3. Mapa de Clima, Cantón Villamil Playas.
Fuente: Cartografías SGAGRO

1.6.2 Precipitación

Las precipitaciones anuales son inferiores a 500mm/m² concentrándose en una sola estación lluviosa, de enero a abril, con irregularidades por el fenómeno de Niño. (*Pourrut et al 1995*). La estación meteorológica más cercana está a 7.9 Km y es la M-173 del Instituto Nacional de Meteorología, que se

localiza en Villamil Playas registrando una precipitación anual de 380 mm/año.

En el siguiente gráfico se presenta la precipitación mensual en el periodo que comprende los años de 1962 y 2005.

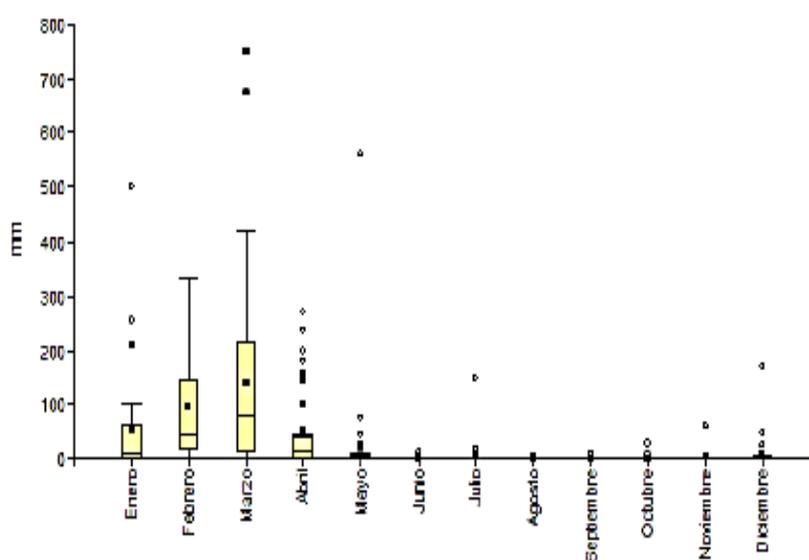


Figura 4 Precipitación mensual (mm). Período 1962-2005, en la estación meteorológica m-173 Villamil Playas.

Fuente: INAMHI

1.6.3 Humedad Relativa

Se conoce como humedad relativa a la relación porcentual que hay entre la humedad absoluta y la cantidad de vapor que contendrá el metro cúbico de aire si el mismo estuviese saturado

a cualquier temperatura, esta dependerá de la presión y temperatura en donde se encuentre la muestra.

Basándonos en los resultados obtenidos de las estaciones meteorológicas del INOCAR, interpolamos la humedad relativa de la zona de Engabao, a partir de las dos estaciones más cercanas al área de estudio, las cuales son las estaciones de “La Libertad” y “Pto. Bolívar”, obteniéndose:

Tabla I. Porcentaje de Humedad Relativa

| MES | HUMEDAD RELATIVA (%) | | |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|---------------------|
| | ESTACIONES | | PROMEDIO DE ENGABAO |
| | LA LIBERTAD | PTO. BOLIVAR | |
| Enero | 81.30 | 79.60 | 80.45 |
| Febrero | 81.70 | 79.30 | 80.50 |
| Marzo | 82.20 | 78.70 | 80.45 |
| Abril | 81.85 | 78.40 | 80.13 |
| Mayo | 82.60 | 80.50 | 81.55 |
| Junio | 83.90 | 82.80 | 83.35 |
| Julio | 85.10 | 83.80 | 84.45 |
| Agosto | 85.50 | 84.60 | 85.05 |
| Septiembre | 85.00 | 84.65 | 84.83 |
| Octubre | 84.20 | 83.70 | 83.95 |
| Noviembre | 83.15 | 82.60 | 82.88 |
| Diciembre | 81.60 | 80.80 | 81.20 |
| HUMEDAD PROMEDIO ANUAL (%) | | | 82.40 |

La Humedad Relativa Promedio Anual de 82.40%. Referencia:

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

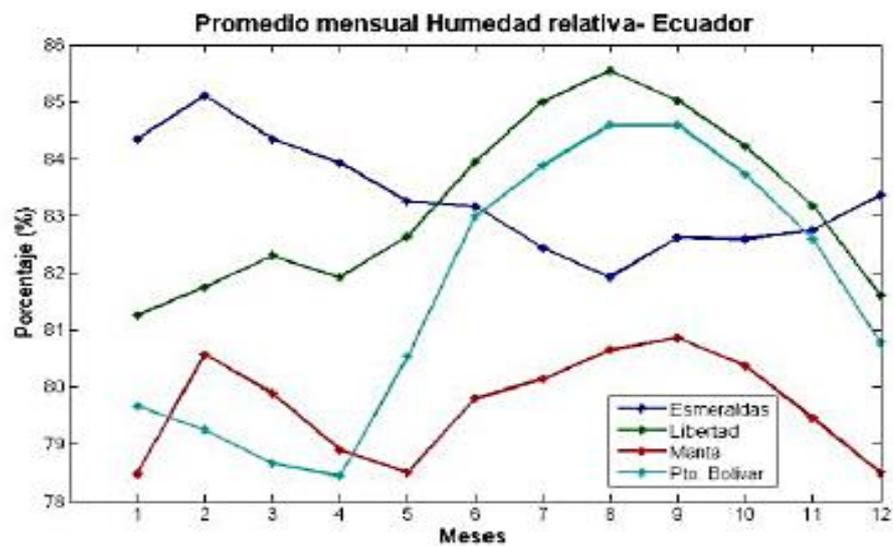


Figura 5. Climatología de humedad relativa de las estaciones fijas.
Fuente: INOCAR

1.6.4 Nubosidad

Se conoce como el valor medio diario de la reacción de cielo que está cubierto por nubes visibles, siendo los valores medios a nivel mensual aproximadamente de 4%.

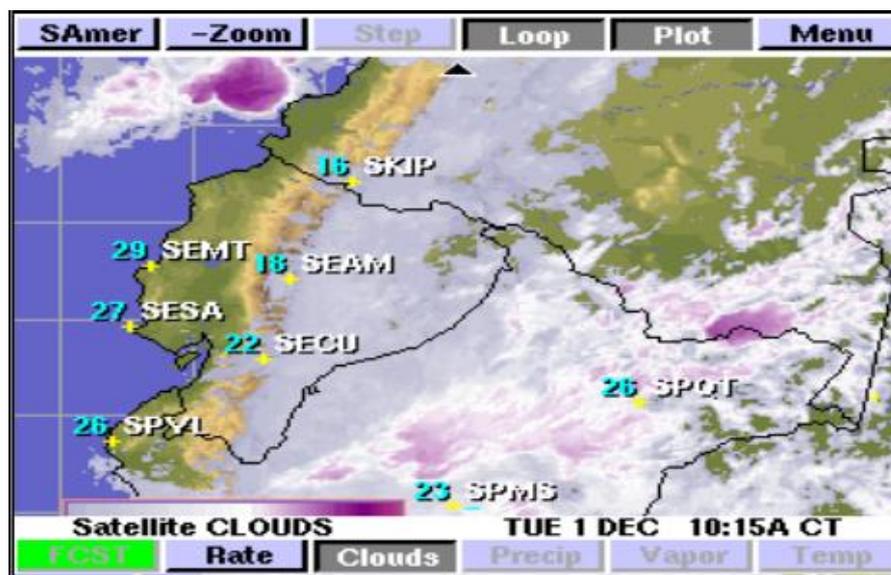


Figura 6. Nubosidad y Temperatura de Ecuador Continental.
Fuente: INOCAR

1.6.5 Viento

El gradiente de temperatura del aire produce lo que conocemos como viento, donde su dirección depende en gran medida de la morfología del área.

Se interpolara la dirección del viento en la comuna de Engabao a partir de los datos de las estaciones meteorológicas de “La Libertad” y “Pto. Bolivar”, siendo la dirección predominante Sur-Oeste con un 41.67% de persistencia. El evento de calma se presenta con una frecuencia de 25% al Sur.

Tabla II. Velocidad del Viento Promedio

| MES | VELOCIDAD DEL VIENTO (NUDOS) | | |
|--|------------------------------|--------------|---------------------|
| | ESTACIONES | | PROMEDIO DE ENGABAO |
| | LA LIBERTAD | PTO. BOLIVAR | |
| Enero | 3.60 | 2.00 | 2.80 |
| Febrero | 3.20 | 2.00 | 2.60 |
| Marzo | 3.10 | 2.00 | 2.55 |
| Abril | 3.10 | 2.00 | 2.55 |
| Mayo | 3.50 | 2.05 | 2.78 |
| Junio | 3.50 | 2.50 | 3.00 |
| Julio | 4.00 | 2.50 | 3.25 |
| Agosto | 4.00 | 2.50 | 3.25 |
| Septiembre | 3.95 | 2.40 | 3.18 |
| Octubre | 4.20 | 2.40 | 3.30 |
| Noviembre | 4.05 | 2.20 | 3.13 |
| Diciembre | 3.95 | 2.00 | 2.98 |
| VELOCIDAD DEL VIENTO ANUAL PROMEDIO (NUDOS) | | | 2.95 |

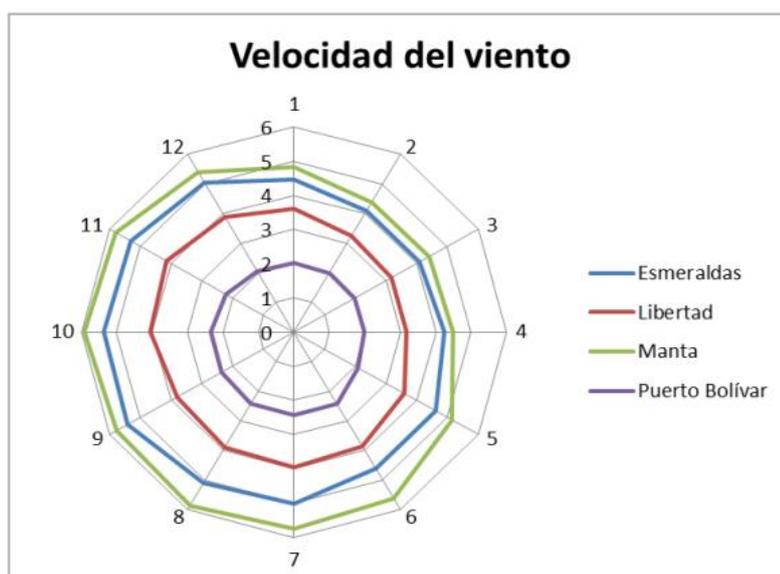


Figura 7. Velocidad del viento en Estaciones Meteorológicas
Fuente: INAMHI

Tabla III. Dirección del Viento

| ESTACIÓN | DIRECCIÓN DEL VIENTO (%) | | |
|---------------------|--------------------------|-------|-------|
| | S | SW | W |
| LA LIBERTAD | 41.67 | 50.00 | 8.33 |
| PTO. BOLÍVAS | 8.33 | 33.33 | 58.33 |
| PROMEDIO ENGABAO | 25.00 | 41.67 | 33.33 |

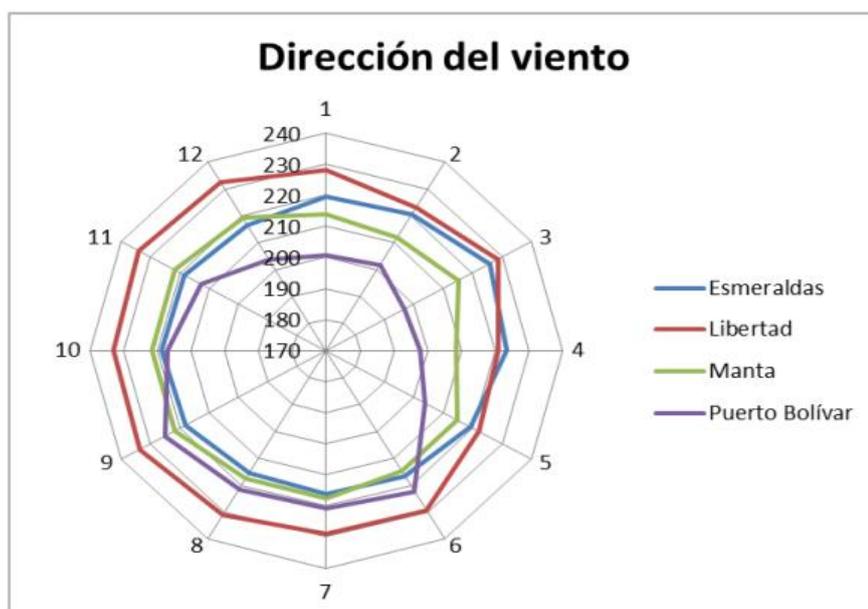


Figura 8. Velocidad del viento en Estaciones Meteorológicas
Fuente: INAMHI

1.6.6 Recursos Hídricos

El sector de la comuna de Engabao está delimitado por el río Engabao, además sus costas dan al océano pacífico por lo que hay que tener en cuenta el riesgo de inundaciones por las variaciones del oleaje y nivel del cauce del río. A continuación

se muestra la variación del oleaje en los límites de la zona de estudio.

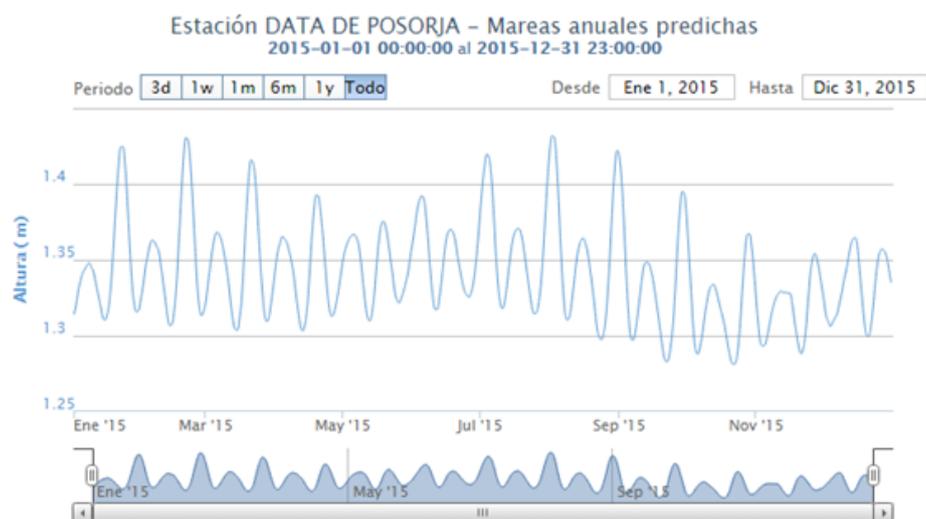


Figura 9. Mareas Anuales año 2015}
Fuente: INOCAR

1.7 Servicios Básicos

De aproximadamente 3000 habitantes en la Comuna de Engabao, el 80% cuenta con el servicio de energía eléctrica. En cuanto al servicio de agua potable, Engabao posee un sistema entubado, beneficiando inicialmente a pocas familias, alrededor de 60, pero terminó en enero del 2011. Adicionalmente, se instalaron guías domiciliarias para control y administración pertenecientes a la Empresa Pública de Agua Potable Hidroplayas. Las viviendas que no poseen este servicio, deben comprar tanques de agua intra-domiciliaria a un valor de \$0.90 el tanque.

Alrededor del 30% de los habitantes es abastecido con un sistema de alcantarillado, debido a que algunos no tienen conexión a esta red de servicio.

En cuanto a la recolección de basura, el Municipio de Villamil Playas ofrece el servicio en la zona, por lo que no todos los días puede ser recolectada, llegando una a dos veces por semana. Algunos prefieren incinerarla, otras familias la abandonan en lugares públicos.

1.8 Riesgo de Inundaciones

De acuerdo a la topografía del lugar de estudio, se puede decir que el mismo es propenso a inundaciones en el caso de fuertes precipitaciones o desborde del río Engabao a causa de los cambios del nivel del agua por el conocido Fenómeno del niño, por lo que se deberá tomar en cuenta estos riesgos al momento del planteamiento del sistema de alcantarillado, así como en el diseño de las pendientes de las aceras y avenidas.

1.9 Riesgo Sísmico

El Ecuador se encuentra ubicado en una zona de gran actividad volcánica y sísmica, llamada "Cinturón de fuego del Pacífico", donde hay convergencia de las placas tectónicas de Nazca y la Sudamericana,

pudiendo ocasionar sismos de magnitudes cercanas a 7 cuyos epicentros son cercanos a la línea costera o el lecho marino que se encuentra próximo al continente.

Siendo Engabao propenso a sufrir los riesgos de la ocurrencia de un tsunami, y por ende daños económicos y humanos por el cambio del nivel del mar y las consecuentes inundaciones.

A continuación se muestra un mapa del Ecuador donde se diferencian la probabilidad sísmica por zona, donde se observa que el sector de Engabao tiene probabilidad de movimientos sísmicos de aproximadamente 7 de magnitud, medidos con la escala de Mercalli.

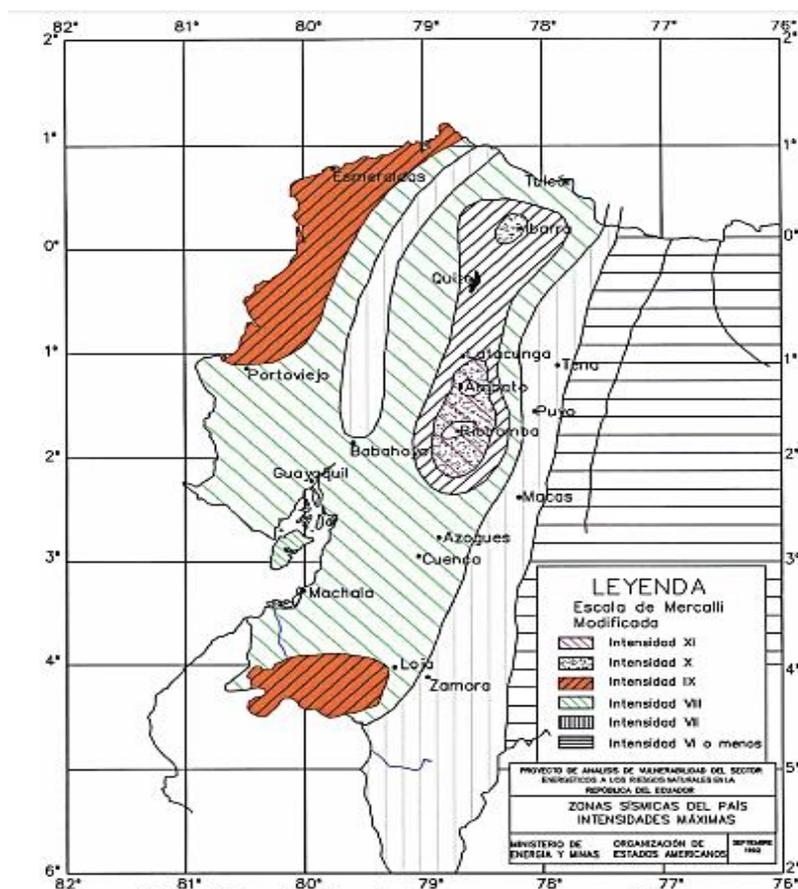


Fig. 3 Intensidades sísmicas esperadas en el País
[Min. Energía & OEA--EPN. 1992]

Figura 10. Intensidades Sísmicas esperadas en Ecuador.
Fuente: Min. Energía & OEA – EPN 1992

1.10 Aspectos Socio-Económicos

1.10.1 Población Total

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC 2010), la comuna Engabao tiene 2600 habitantes.

1.10.2 Población Económicamente Activa

Entre sus principales actividades están: la ganadería, agricultura, silvicultura y pesca en un 64% de la población económica activa, al comercio en un 26% y a la construcción en un 10%. A continuación, se presenta en la Tabla III el desglose de las actividades de los habitantes de la comuna según el INEC 2010.

Tabla IV.- Principales Actividades en la comuna de Engabao, Censo de Población y Vivienda 2010 (INEC)

| Actividad | % |
|--|---------------|
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | 64.00 |
| Explotación de minas y canteras | 0.10 |
| Industrias manufactureras | 3.34 |
| Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos | 0.30 |
| Construcción | 6.16 |
| Comercio | 4.96 |
| Transporte y almacenamiento | 3.78 |
| Actividades de alojamiento y servicio de comidas | 0.60 |
| Información y comunicación | 0.10 |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas | 0.10 |
| Actividades de servicios administrativos y de apoyo | 0.76 |
| Administración pública y defensa | 1.30 |
| Enseñanza | 1.30 |
| Actividades de la atención de la salud humana | 0.45 |
| Artes, entretenimiento y recreación | 0.10 |
| Otras actividades de servicios | 0.55 |
| Actividades de los hogares como empleadores | 2.20 |
| No declarado | 8.20 |
| Trabajador nuevo | 1.70 |
| Total | 100.00 |

1.11 Aspectos Urbanísticos

1.11.1 Descripción General

Engabao, perteneciente al Cantón General Villamil Playas, es un lugar con un gran potencial turístico, por los surfistas que visitan la playa. Posee una longitud de costa de 8000 metros y el ancho de su playa es de 50 metros.

Conformado por los siguientes barrios:

- Urdesa
- España
- 6 de Marzo
- San Agustín
- Corazón de Jesús
- Buenos Aires
- Brisas del Mar
- Puerto Engabao
- Paraíso
- 2 de Noviembre
- Cuatro Esquinas
- Río Hondo
- Central

- La Victoria



Fotografía 5. Vías de acceso en Engabao
Tomada por el autor

1.11.2 Establecimientos Educativos

Este lugar cuenta con 5 centros educativos, los cuales son:

- Escuela fiscal Carlos Matamoros.
- Unidad Educativa Mixta Fiscal Intercultural Bilingüe “Cacique Tumbalá”.
- Escuela Fiscal Puerto Engabao.
- Escuela Particular “San Jacinto de Engabao”.
- Escuela Particular “Eusebia Palomino”.
- Escuela Particular “3 de Julio”.

Además, cuenta con 3 Centros de Infantiles del Buen Vivir (CIBV).

1.11.3 Servicios de Salud

Funciona un subcentro del Ministerio de Salud especializado en Medicina General, Odontología y Ginecología, con atención de lunes a domingos. Adicional a este servicio, si fueren casos de emergencias, son transferidos en las 5 ambulancias del Hospital de Playas, pero lamentablemente muchas veces no es suficiente con la demanda de personas enfermas.

1.11.4 Seguridad

Dentro de Engabao se encuentra una Unidad de Policía Comunitaria (UPC), y una estación de bomberos a la espera de este servicio.

1.11.5 Vías de Acceso y Transporte

Las vías de acceso desde Villamil Playas hasta Engabao se encuentran en buen estado, con un camino lastrado; y desde la comuna de Engabao hacia el Puerto, la vía está totalmente en malas condiciones.

Las calles dentro de la comuna, están algunas en mal estado y otras con lastrado en tramos. La avenida principal, llamada '3 de

julio” está asfaltada, por donde transitan dos transportes públicos que recorren las rutas de Playas - Engabao.



Fotografía 6. Vías de acceso en Engabao
Tomada por el autor

En el Puerto, las calles no están asfaltadas, solo son de tierra, con algunas elevaciones dadas por excavaciones realizadas y por formaciones por el tipo de suelo.



Fotografía 7. Transporte Público de Engabao
Tomada por el autor

1.11.6 Infraestructura

Engabao es un sitio turístico, que cuenta con viviendas tipo, de una sola planta, la mayoría de ellas. Algunas construidas de hormigón y otras su estructura es de caña. Cuentan con una casa comunal, una cancha, un parque, un cementerio y restaurantes.

En el Puerto, las viviendas son similares, en donde encontramos un hostel y un restaurante lateral al faro, en donde el ingreso es por medio de un pequeño puente de caña.

Funcionan algunos otros negocios dentro de la comuna Engabao de atención al público como 20 salones de venta de bebidas, alrededor de 25 tiendas, 30 hospederías comunitarias en el Puerto, 15 bazares y 60 negocios de servicio al consumidor (incluyendo restaurantes).



Fotografía 8. Vivienda Familiar típica del sector.
Tomada por el autor

CAPITULO II

2. BASES DE DISEÑO

2.1 Problemática de la zona

La población de Engabao no dispone de una red de alcantarillado de aguas servidas y pluviales al alcance de todos los habitantes, incluyendo el Puerto, ni el agua que es descargada es apta para ésta actividad por la contaminación que genera, por lo que se propone un sistema de tratamiento óptimo y de bajo costo.



Fotografía 9. Vías de acceso en Engabao
Tomada por el autor

Las calles de la zona no se encuentran en un estado apropiado para la construcción de un mejoramiento de este sistema, por lo que se plantean tres alternativas para ésta problemática.

2.2 Planteamiento de alternativas

Para plantear las alternativas del sistema de alcantarillado se deben de considerar tantos los aspectos constructivos como los costos de la inversión que requerirá dicha solución, asegurándose un correcto funcionamiento al menor costo posible.

Las condiciones que se deben de considerar en el diseño son la topografía del área de estudio, así como la ubicación de las viviendas existentes y futuras áreas de recreación de la comunidad de Engabao,

además los niveles de las viviendas respecto a las vías de acceso así como las pendientes del terreno.

Teniéndose como opciones de sistemas las siguientes:

- Sistema de Alcantarillado con tuberías de PVC
- Sistema de Alcantarillado con tuberías de hormigón
- Sistema de tratamiento de humedales domiciliarios con bio-filtro

Siguiendo las alternativas anteriores diferentes recorridos del sistema de la red sanitaria. Además se debe realizar el respectivo planteamiento del destino final de las aguas residuales, que podrá ser por lagunas de oxidación o lodos activados.

2.3 Análisis Poblacional

El sistema de alcantarillado que se implantará en la comuna depende del beneficio que se le proporciona a la población que habita en el sector, en conjunto con la ubicación que esta red vaya a tener. Se diseñara con una vida útil de 20 años (año 2035), por lo que se requiere la población futura correspondiente.

Con la información obtenida en los censos realizados por INEC, se obtuvo la siguiente información:

Año: 2001 Población: 1863

Año: 2010 Población: 2600

Año: 2015 Población: 3020

2.4 Población Futura por crecimiento aritmético

Proyección de Población (Pu) al año 2035 (Tu) con datos de años 2001 y 2010

| Datos | |
|--------------|------|
| Pf | 2600 |
| Po | 1863 |
| Tf | 2010 |
| To | 2001 |

Pf = Población Futura

Po = Población Inicial

Pu = Población Futura calculada

Tf = Año Final del Último censo

To = Año Inicial del Periodo de Diseño

Tu = Año Final del Periodo de Diseño calculado

$$K1 = \frac{P_f - P_o}{T_f - T_o} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

$$K1 = \frac{2600 - 1863}{2010 - 2001}$$

$$K1 = 81.89$$

- Población Futura

$$Pu = Pf + K * (Tu - Tf) \quad \text{[Ecuación 3]}$$

$$Pu = 2600 + 81.89 * (2035 - 2010)$$

$$Pu_1 = 4647 \text{ habitantes}$$

Proyección de Población (Pu) al año 2035 (Tu) con datos de años 2010 y 2015

| Datos | |
|-----------|------|
| Pf | 3020 |
| Po | 2600 |
| Tf | 2015 |
| To | 2010 |

$$K = \frac{Pf - Po}{Tf - To}$$

$$K = \frac{3020 - 2600}{2015 - 2010}$$

$$K = 84$$

- Población Futura

$$Pu = Pf + K * (Tu - Tf)$$

$$Pu = 3020 + 84 * (2035 - 2015)$$

$$Pu_2 = 4700 \text{ habitantes}$$

2.5 Población Futura por crecimiento geométrico

Proyección de Población (Pu) al año 2035 (Tu) con datos de años 2001 y 2010

| Datos | |
|-----------|------|
| Pf | 2600 |
| Po | 1863 |
| Tf | 2010 |
| To | 2001 |

Pf = Población Futura

Po = Población Inicial

Pu = Población Futura calculada

Tf = Año Final del Último censo

To = Año Inicial del Periodo de Diseño

Tu = Año Final del Periodo de Diseño calculado

r = Tasa de Crecimiento anual

- Cálculo Tasa de crecimiento anual (r)

$$r = \left(\frac{Pf}{Po} \right)^{\frac{1}{tf-to}} - 1 \quad \text{[Ecuación 6]}$$

$$r = \left(\frac{2600}{1863} \right)^{\frac{1}{2010-2005}} - 1$$

$$r = 0.038$$

- Población Futura

$$Pu = Pf * (1 + r)^{(tu-tf)} \quad \text{[Ecuación 9]}$$

$$Pu = 2600 * (1 + 0.038)^{(2035-2010)}$$

$$Pu_1 = 6563 \text{ habitantes}$$

Proyección de Población (Pu) al año 2035 (Tu) con datos de años 2010 y 2015

| Datos | |
|-----------|------|
| Pf | 3020 |
| Po | 2600 |
| Tf | 2015 |
| To | 2010 |

- Cálculo Tasa de crecimiento anual (r)

$$r = \left(\frac{Pf}{Po} \right)^{\frac{1}{tf-to}} - 1$$

$$r = \left(\frac{3020}{2600} \right)^{\frac{1}{2015-2010}} - 1$$

$$r = 0.030$$

- Población Futura

$$Pu = Pf * (1 + r)^{(tu-tf)}$$

$$Pu = 3020 * (1 + 0.030)^{(2035-2015)}$$

$$Pu_2 = 5497 \text{ habitantes}$$

2.6 Población Futura Promedio

$$Pu = \frac{Pu_1 + Pu_2 + Pu_3 + Pu_4}{4} \quad [\text{Ecuación 12}]$$

$$Pf = \frac{4647 + 4700 + 6563 + 5497}{4}$$

$$Pf = 5352 \text{ habitantes}$$

A continuación se presenta en la gráfica los datos de población según el censo INEC y las proyecciones futuras en el 2035 con la promedio.

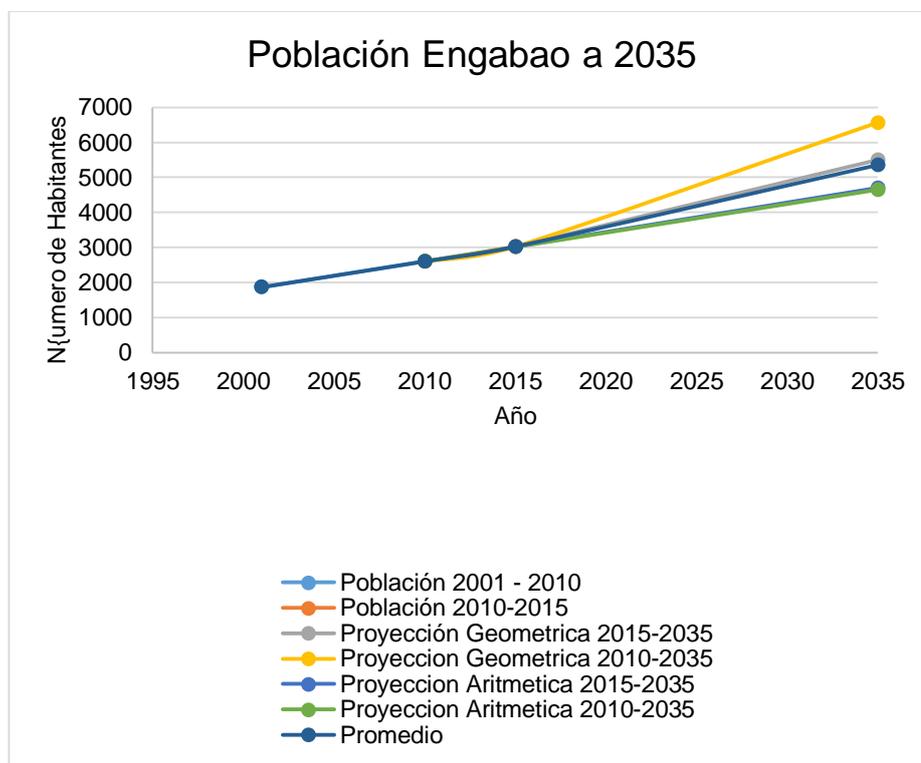


Figura 11. Proyección Futura de la población de Engabao en el año 2035

Se puede apreciar en esta gráfica la comparación de las proyecciones futuras de población realizadas con los cálculos aritméticos y geométricos. De acuerdo a la tendencia promedio, se permite determinar un cálculo adecuado para usarlo como dato en los siguientes cálculos. La proyección geométrica de los años 2010 – 2035 muestra un crecimiento excesivo d población en relación con las otras proyecciones.

2.7 Densidad de la Población

| DATOS | | |
|---------------------------|----|----------|
| N° años | n | 20 |
| Área | A | 54.04 Ha |
| Población Futura Promedio | Pu | 5352 hab |

$$Densidad Futura = \frac{Pu}{A} \quad [Ecuación 15]$$

$$Densidad Futura = \frac{5352 \text{ hab}}{54.04 \text{ Ha}}$$

$$Densidad de diseño adoptada = 99 \text{ hab/Ha}$$

2.8 Dotación

Según la Norma INEN 005-9-1 (1992) de la Tabla 3, la dotación media futura según el número de habitantes es de 135 l/hab/día. Como se trata de una zona rural turística y agrícola donde el promedio de consumo es

de 100 l/hab/día, usando el resto para otras actividades como se describe a continuación:

Tabla V.- Detalle de Dotación (l/hab/día) de la comuna de Engabao

| CONSUMO | DOTACIÓN (l/hab/día) |
|----------------------|---------------------------------|
| Descarga sanitarios | 40 |
| Aseo Personal | 20 |
| Lavado de Ropa | 10 |
| Cocina | 10 |
| Riego | 15 |
| Varios | 5 |
| TOTAL CONSUMO | 100 |

Por lo tanto, la dotación para el diseño será de 100 l/hab/día.

2.9 Área de Aportación

Las áreas de aportación se rigen de acuerdo a las condiciones topográficas y los límites reales de drenaje, donde las áreas a considerarse corresponden a las zonas a poblarse.

Los criterios tomados para definir la aportación de aguas negras al sistema de alcantarillado es de 80% respecto a la dotación del agua potable, ya que se asume que el otro 20% se consume a lo largo de la red ya sea por infiltraciones, evaporación, entre otras.

-Sistema de alcantarillado: 54.04 Ha

2.10 Caudales de Diseño

2.10.1 Factor de retorno

Se trata de la relación agua potable / aguas servidas, en donde se tiene en cuenta que no toda el agua consumida en los domicilios es devuelta al alcantarillado sanitario, por ende, se asume el valor de 0.8.

2.10.2 Caudales de Aguas servidas

Como es un sistema separado, el caudal medio final de aguas servidas se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{mf} = \frac{\text{Población final} * \text{Dotación final}}{86400 \text{ s/día}} * \text{Factor A} \quad [\text{Ecuación 18}]$$

El factor A es conocido como 'factor de retorno de aguas residuales'.

$$Q_{mf} = \frac{5352 \text{ hab} * 100 \frac{\text{l}}{\text{hab}} * \text{día}}{86400 \text{ s/día}} * 0.8$$

$$Q_{mf} = 4.96 \text{ l/s}$$

El caudal medio final de aguas servidas es de 4.96 l/s.

2.10.3 Coeficiente de Flujo Máximo

Este coeficiente será la relación entre caudal medio final y caudal máximo horario. Este coeficiente varía según el clima, patrón de vida, hábitos, etc. El coeficiente de flujo máximo será obtenido mediante las siguientes ecuaciones que dependen indirectamente del número de habitantes (p):

Fórmula de Babbitt:

$$K = \frac{5}{p^{0.2}} \quad \text{[Ecuación 21]}$$

Fórmula de Harmon:

$$K = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad \text{[Ecuación 24]}$$

En la siguiente tabla, se observa que para P=5.4 nos da un promedio de 3.39 de las ecuaciones de coeficiente de flujo máximo y se tomará K=3 para el cálculo de caudal.

Tabla VI.- Valores del Coeficiente de Flujo Máximo

| P Miles | K | | Promedio |
|------------|--------|--------|----------|
| | Babbit | Harmon | |
| 5.4 | 3.57 | 3.21 | 3.39 |

2.10.4 Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = K * Q_{mf} \quad \text{[Ecuación 27]}$$

Donde:

Q_{mh} = Caudal máximo horario

K = Coeficiente de flujo máximo

$$Q_{mh} = 3 * 4.96$$

$$Q_{mh} = 14.87 \text{ l/s}$$

2.10.5 Caudal de Infiltración

El caudal de infiltración se calculará de acuerdo a los siguientes aspectos a considerar:

- 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 la siguiente tabla V se muestra las tasas de infiltración respecto al tipo de tubería, al tipo de unión y su nivel freático.

Tabla VII.- Valores de Caudales de Infiltración

| | Caudales de Infiltración (l/s/km) | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------|-----------------|------|-----------------------------|------|----------------|------|
| | Tubo de cemento | | Tubo de arcilla | | Tubo de arcilla vitrificada | | Tubo de P.V.C. | |
| Unión | Cemento | Goma | Cemento | Goma | Cemento | Goma | Cemento | Goma |
| Nivel Freático bajo | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.05 |
| Nivel Freático alto | 0.8 | 0.2 | 0.7 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.15 | 0.5 |

Fuente: OPS/CEPIS/05.169. UNATSABAR

Según las condiciones de la zona escogida con un nivel freático alto, y de las alternativas a plantear para este proyecto:

- Tubería de P.V.C. con unión de goma: 0.5 l/s/km
- Tubería de cemento con unión de goma: 0.2 l/s/km

La longitud total de tubería de los colectores de la red principal es de 5.89 km, multiplicando los valores de valores de infiltración nos da:

- Tubería de P.V.C. con unión de goma: 2.95 l/s

- Tubería de cemento con unión de goma: 1.18 l/s

2.10.6 Caudal de Conexiones Erradas

Como se trata de un lugar en donde no existe el control suficiente de si existen malas conexiones o conexiones erradas, o esas conexiones clandestinas en patios de los domicilios que son incorporados directamente al sistema de aguas pluviales. Se considerará el 10% del caudal máximo horario de aguas residuales, como indica la norma de la OPS/CEPIS.

Por ende, el caudal total de diseño para aguas servidas es de:

$$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce} \quad [\text{Ecuación 30}]$$

$$Q_d = 14.88 \text{ l/s} + 0.5 \text{ l/s}$$

$$Q_d = 15.38 \text{ l/s}$$

2.10.7 Caudal de aguas lluvias

El caudal de aguas lluvias se calcula para evitar entrada de excesivos caudales en las instalaciones de las redes y en los sistemas de tratamiento a los que llega. Por ende, se debe

conocer el caudal con el que llegará a cada punto de entrada de las plantas de tratamiento. Como en la comuna de Engabao no existe red para aguas lluvias, y el área de aportación es de 144.88 Ha, según la norma CPE INEN 5 Parte 9-1, se aplicará la siguiente ecuación para superficies inferiores a 5 km²:

$$Q = 0,00278 C I A \quad \text{[Ecuación 33]}$$

Q: Caudal de escurrimiento (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de lluvia (mm/h)

A: Área de aportación (Ha)

2.10.8 Coeficiente de Escorrentía

Engabao es una comunidad pequeña, con pocas superficies pavimentadas, y otras sin pavimentar. El coeficiente de escorrentía se escogerá según los siguientes valores C:

Tabla VIII.- Valores de Coeficiente de Escurrimiento. (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

| TIPO DE ZONA | VALORES DE C |
|--|--------------|
| Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas | 0.7 - 0.9 |
| Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas | 0.7 |
| Zonas residenciales medianamente pobladas | 0.55 - 0.65 |
| Zonas residenciales con baja densidad | 0.35 - 0.55 |
| Parques, campos de deportes | 0.1 - 0.2 |

Considerando el caso de la zona de estudio del proyecto, como se trata de una zona de baja densidad poblacional, con superficies sin capa de rodadura en ciertos sectores, se adopta como coeficiente de escurrimiento el valor de **C = 0.45**.

2.11 Identificación y Selección de Sistemas de Tratamiento

El tratamiento del agua residual dependerá de la concentración de contaminantes en los efluentes, así como de su caudal; el mismo deberá garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico permitido por la ley de aguas para el vertido del efluente. Para esta

implantación en el proyecto, se eligió el sistema de tratamiento de lagunas de oxidación.

Para el diseño de la planta de tratamiento se deberá tener en cuenta el caudal medio final y el caudal de infiltración.

CAPITULO III

3. PROCESAMIENTO DEL TRABAJO DE CAMPO

3.1 Estudio de Suelo

El estudio del suelo se lo realiza con el fin de saber las condiciones geotécnicas propias del lugar del proyecto, y de esta manera establecer si se necesita un mejoramiento de terreno o si este es apto para la implementación del proyecto descrito en el presente documento.

3.2 Metodología de Trabajo de Campo

Para el presente estudio se realizó 3 perforaciones, cada una con aproximadamente 3 metros de profundidad, en el sector donde realizara el sistema de tratamiento.



Fotografía 10. Recolección de las muestras de suelo
Tomado por el autor

Por inspección visual se puede decir que el tipo de suelo son arenas con cierto grado de expansión, esto se lo va a comprobar con los respectivos ensayos de laboratorio.

3.3 Metodologías de trabajo de laboratorio

Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Límite líquido
- Límite plástico
- Granulometría
- Porcentaje de humedad

Los parámetros anteriores nos ayudaran a determinar el tipo de suelo encontrado, dentro del sistema de clasificación AASHTO.

Así como el grado de expansión de los mismos a partir de los límites de Atterberg.

3.4 Granulometría

Muestra 1

La muestra fue tomada en las coordenadas X: 556495 y Y: 9716192, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla IX.- Ensayo de Granulometría de la muestra 1 de suelo

| N TAMIZ" | MALL A mm | PESO PARCIAL | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASANTE ACUMULADO |
|----------|-----------|--------------|------------|----------------------|---------------------|
| 1/2 | 12.7 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 | 9.52 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.75 | 29.32 | 11.17 | 11.17 | 88.83 |
| 10 | 2 | 19.02 | 7.24 | 18.41 | 81.59 |
| 20 | 0.84 | 0.00 | 0.00 | 18.41 | 81.59 |
| 40 | 0.42 | 28.69 | 10.93 | 29.34 | 70.66 |
| 60 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 29.34 | 70.66 |
| 80 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 29.34 | 70.66 |
| 100 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 29.34 | 70.66 |
| 200 | 0.074 | 180.16 | 68.61 | 97.95 | 2.05 |
| FONDO | | 5.38 | 2.05 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 262.57 | 100.00 | | |

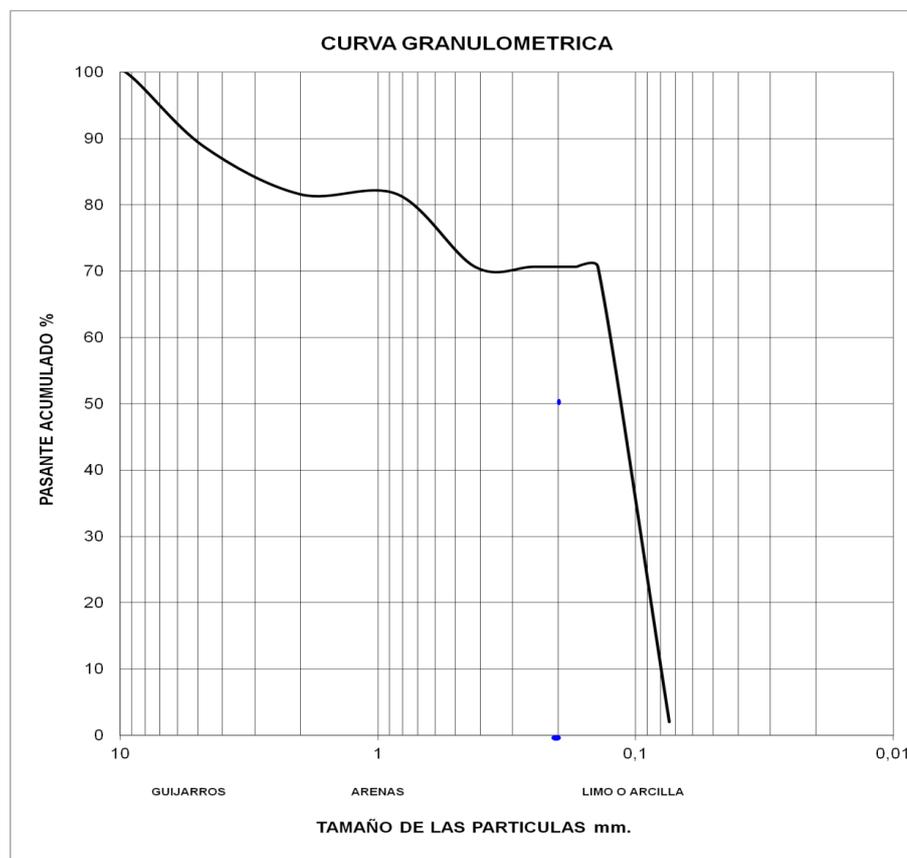


Figura 12. Curva Granulométrica de la muestra 1 de suelo

Muestra 2

La muestra fue tomada en las coordenadas X: 555768 y Y: 9717111.

Tabla X.- Ensayo de Granulometría de la muestra 2 de suelo

| N TAMIZ" | MALLA mm | PESO PARCIAL | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASANTE ACUMULADO |
|----------|----------|--------------|------------|----------------------|---------------------|
| 1/2 | 12.7 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 | 9.52 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.75 | 28.65 | 10.09 | 10.09 | 89.91 |
| 10 | 2 | 16.35 | 5.76 | 15.84 | 84.16 |
| 20 | 0.84 | 12.33 | 4.34 | 20.18 | 79.82 |
| 40 | 0.42 | 27.48 | 9.68 | 29.86 | 70.14 |

| | | | | | |
|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 60 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 29.86 | 70.14 |
| 80 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 29.86 | 70.14 |
| 100 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 29.86 | 70.14 |
| 200 | 0.074 | 195.10 | 68.69 | 98.55 | 1.45 |
| FONDO | | 4.12 | 1.45 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 284.03 | 100.00 | | |

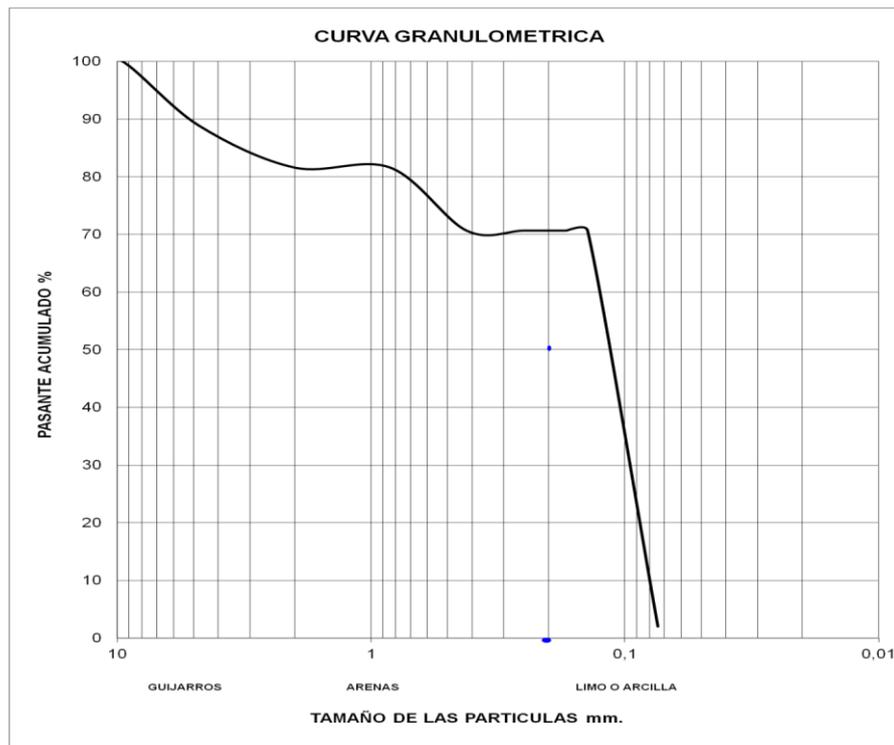


Figura 13. Curva Granulométrica de la muestra 2 de suelo

Muestra 3

La muestra fue tomada en las coordenadas X: 554979 y Y: 9717492.

Tabla XI.- Ensayo de Granulometría de la muestra 2 de suelo

| N TAMIZ" | MALLA mm | PESO PARCIAL | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % PASANTE ACUMULADO |
|----------|----------|--------------|------------|----------------------|---------------------|
| 1/2 | 12,7 | 0 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8 | 9,52 | 0 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 4 | 4,75 | 12,35 | 4,32 | 4,32 | 95,68 |
| 10 | 2 | 16,35 | 5,72 | 10,03 | 89,97 |
| 20 | 0,84 | 12,33 | 4,31 | 14,34 | 85,66 |
| 40 | 0,42 | 32,14 | 11,24 | 25,58 | 74,42 |
| 60 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 25,58 | 74,42 |
| 80 | 0,17 | 25,12 | 8,78 | 34,36 | 65,64 |
| 100 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 34,36 | 65,64 |
| 200 | 0,074 | 183,65 | 64,20 | 98,56 | 1,44 |
| FONDO | | 4,12 | 1,44 | 100,00 | 0,00 |
| TOTAL | | 286,06 | 100,00 | | |

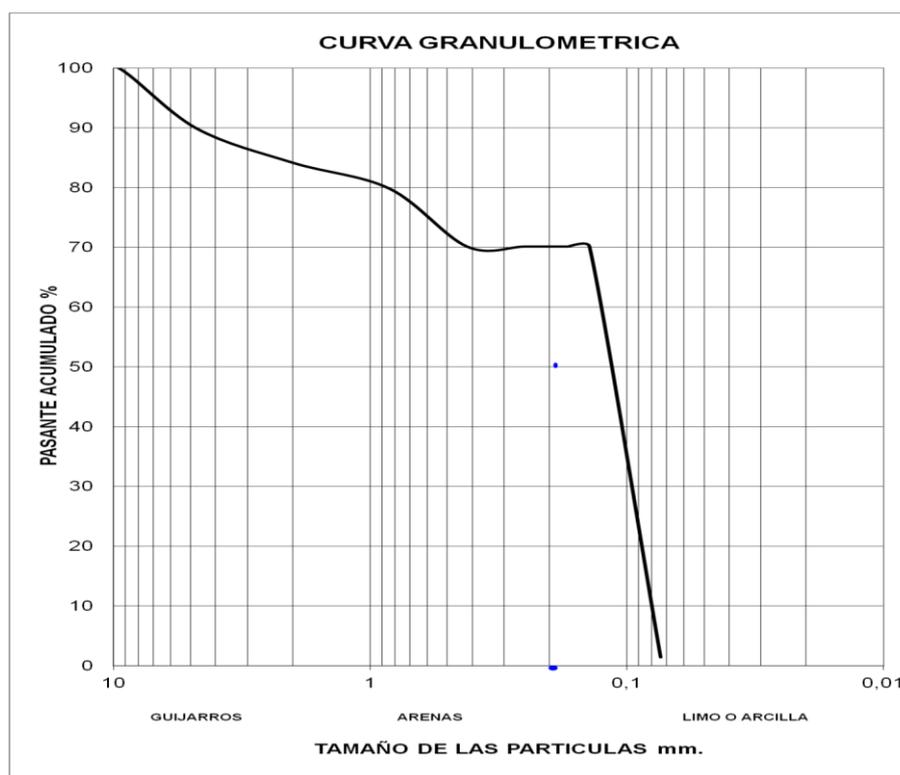


Figura 14. Curva Granulométrica de la muestra 3 de suelo

En la Figuras se observa que un porcentaje elevado de los áridos se sitúa entre 0.2 y 1 mm, siendo en su mayoría arenas medias, la composición de las muestras estudiadas.

Limites de Atterberg

Realizando los respectivos ensayos se determino, el limite plastico, limite liquido y el indice plastico de las muestras recogidas en la zona de estudio, obteniendose los siguientes resultados:

Tabla XII.- Resultados de Limites de Atterberg

| MUESTRA | WL | WP | IP |
|---------|------|-------|------|
| 1 | 20,6 | 12,23 | 8,37 |
| 2 | 19,3 | 13,58 | 5,72 |
| 3 | 17,6 | 14,61 | 2,99 |

Utilizando las especificaciones AASHTO y los resultados obtenidos en los ensayos de granulometria y limites de attemberg se determino que el sitio de estudio posee arenas limo-arcillosas. Ademas los suelos encontrados poseen una expansion baja de acuerdo a la siguiente figura:

| Grado de Expansión | LL % | IP % | τ nat (Ton/pie ²) |
|--------------------|-------|-------|------------------------------------|
| Elevado | > 60 | > 35 | > 4 |
| Marginal | 50-60 | 25-35 | 1.5-4 |
| Bajo | < 50 | < 25 | < 1.5 |

Figura 15. Grados de expansión de suelos
Fuente: AASHTO

Los suelos poseen una coloración que va desde un limo arenoso café marrón con intercalaciones de arena fina amarilla, esto de acuerdo a la inspección visual, además los ensayos mostraron que eran arenas limo-arcillosas como ya se mencionó, por lo que solo se recomienda un mejoramiento de suelo en las zonas o puntos donde se va a construir estructuras como pozos, tanques y los sistemas de tratamiento de las aguas residuales.

Respecto a los demás componentes del sistema, el suelo no causará mayor problema ya que el peso por metro lineal de las tuberías ya sea de PVC o tuberías de hormigón es muy bajo.

CAPITULO IV

4. CÁLCULO Y DISEÑO

4.1 Hidráulica de las alcantarillas

Las tuberías del sistema de alcantarillado como conductos con circulación de flujo a gravedad, donde la tubería funcionaría parcialmente llena con el 75% como diámetro máximo para ser usado en cada tramo, con el objetivo de garantizar la circulación del aire y garantizar que la línea de gradiente hidráulico coincida con la superficie de escurrimiento de las aguas residuales, evitando posibles saltos, de curvas de remanso. Además, se debe asegurar que el gradiente de energía sea continua y ascendente, donde la capacidad hidráulica de la tubería circule con una velocidad de flujo lo suficientemente capaz de que se produzca auto limpieza dentro del conducto.

4.2 Tuberías

4.2.1 Dimensiones de las Tuberías

El diámetro mínimo considerado para sistema de alcantarillado de aguas residuales en tuberías de PVC es de 200 mm. En el caso de las tuberías de hormigón armado es de 300 mm, pero se debe tomar en cuenta la corrosión.

Según las condiciones mencionadas anteriormente, se procedió a diseñar la red de sistema de alcantarillado de aguas servidas, donde se obtuvieron valores de diámetros según las condiciones.

4.2.2 Capacidad de las tuberías

La fórmula que se emplea usualmente para las condiciones que se requieren en el proyecto y el sistema de alcantarillado es la fórmula de Manning para conductos abiertos:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{[Ecuación 36]}$$

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

V = Velocidad (m/s)

- **Cálculo del caudal**

Si $Q = A * V$ [Ecuación 39]
 Donde:

A = Área de la sección transversal (m²)

Q = Caudal (m³/s)

Entonces: $Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$ [Ecuación 42]

- **Grado sexagesimal de la tubería**

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h}{D} \right) \quad \text{[Ecuación 45]}$$

- **Radio Hidráulico**

$$Rh = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi\theta} \right) \quad \text{[Ecuación 48]}$$

- **Área**

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta - \sin \theta) \quad \text{[Ecuación 51]}$$

- **Perímetro mojado**

$$P = \frac{D}{2} \theta \quad \text{[Ecuación 54]}$$

- **Esfuerzo Cortante**

$$\tau = g * \rho * R_h * S \quad \text{[Ecuación 57]}$$

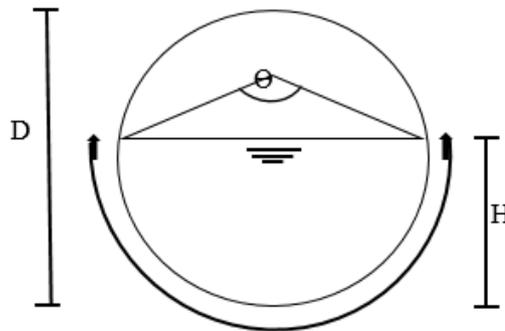


Figura 16. Conducto parcialmente lleno.
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Velocidades Mínimas

Las velocidades mínimas se las debe tener en cuenta para que no se formen sedimentos en el fondo de las tuberías, lo que podría producir una disminución en el área establecida del conducto y la vida útil de éste.

Las velocidades que se consideran mínimas en secciones semillenas es de 0.6 m/s, pero no debe ser menor que 0.45 m/s. Esto es para que en la tubería pueda existir un estado de auto limpieza.

4.2.4 Velocidades Máximas

Para evitar cualquier daño interior en los conductos, es necesario controlar las velocidades máximas que vayan a circular por las tuberías, ya que ese exceso podría dañar las paredes de éste o de alguna estructura, ya sea de los conductos que están conectados a los domicilios o el de los pozos de revisión.

En la Tabla XII se muestran las velocidades máximas según el material

Tabla XIII.- Velocidades máximas y coeficientes de rugosidad. (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

| Material | Velocidad Máxima (m/s) | Coefficiente de Rugosidad |
|---|-------------------------------|----------------------------------|
| Hormigón simple: | | |
| Con uniones de mortero | 4 | 0.013 |
| Con uniones de mortero para nivel freático alto | 3.5 - 4 | 0.013 |
| Asbesto cemento | 4.5 - 5 | 0.011 |
| Plástico | 4.5 | 0.011 |

4.2.5 Materiales a usar en las tuberías

De acuerdo al proyecto planteado en la comuna de Engabao, se propone dos alternativas en cuanto al material del sistema de alcantarillado, de PVC y de Hormigón, debido a su fácil

adquisición y por ser los materiales más empleados en el país para este uso.

Como la zona es costera, el nivel freático es alto, por lo que puede existir algún tipo de corrosividad en el terreno, o con el pasar del tiempo causar algún efecto en las tuberías, pero el diseño se ha realizado de acuerdo a las condiciones del sector, por lo que se justifica el uso de los materiales a emplear.

Al comparar las tuberías de PVC con las de hormigón, se presentan algunas ventajas en cuestión a los conductos de plástico, son más ligeras, más impermeables, tienen menor rugosidad lo que produce que se produzcan mayores velocidades incrementando la capacidad hidráulica dentro del conducto con el mismo diámetro establecido. En cambio, las tuberías de hormigón son un poco más difíciles en su instalación por el peso que estas constituyen, pero su resistencia mecánica es mejor por lo que exige menores requerimientos técnico en el relleno de zanjas.

4.2.6 Cimentación en las tuberías de alcantarillado

El relleno para la profundidad a la que se debe ubicar la alcantarilla debe depender de la carga que actúa sobre éste, en este caso que estará instalado en las calles de la Comuna de Engabao, por ende la norma CPE INEN 5 recomienda un factor de seguridad mínimo de 1.5. A partir de esto, se determinará el tipo de cimentación a usar, dependiendo de las condiciones del suelo del sector.

4.3 Elementos del Sistema

4.3.1 Pozos de Revisión

Los pozos de revisión se encuentran ubicados de acuerdo a la capacidad de éstos, que es hasta de 2 km de ramales secundarios entre conductores, estando ubicados éstos a una distancia máxima entre ellos es de 200 m, porque se usarán diámetros mayores a 800 mm. Como es un terreno con bastantes irregularidades, se ha requerido en el diseño de una gran cantidad de cajas de revisión. Se ha considerado esta separación además, por el cambio de pendiente y cambios de dirección del sector, considerando un área de influencia que contenga el caudal suficiente y con las velocidades permitidas, para que

abastezca así a los habitantes de Engabao, y sea un sistema óptimo y eficiente.

Es muy importante que estos pozos estén ubicados de tal forma que evite que el flujo de escorrentía pluvial, según lo indica la norma CPE INEN 5 Parte 9-1. Adicional a esto, el diámetro del pozo de revisión debe ser tal que este en función al diámetro máximo de la tubería que se conectará a este.

Tabla XIV.- Diámetros de pozos de revisión (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

| Diámetro de la Tubería (mm) | Diámetro del Pozo (m) |
|------------------------------------|------------------------------|
| Menor o igual a 550 | 0.9 |
| Mayor a 550 | Diseño Especial |

Las tapas de los pozos de revisión serán circulares y serán fundidas con hormigón armado, las cuales serán aseguradas mediante pernos, según el cálculo de varillas de hierro que éste puede contener. La superficie del fondo del pozo será lo suficiente para que el operador posteriormente, pueda entrar a revisar, según la norma CPE INEN 5, la pendiente de la superficie hacia el canal central, debe ser de 4% y la altura máxima de descarga libre será de 0.6 m.

En el diseño, existen tuberías laterales que ingresan al pozo, pero no pertenecen al ramal principal, según la norma mencionada anteriormente, ésta entrada se debe hacer a un ángulo de 45 grados respecto al eje del flujo, esto será para que las velocidades al unirse dentro de la caja sean aproximadamente iguales y las pérdidas sean menores.

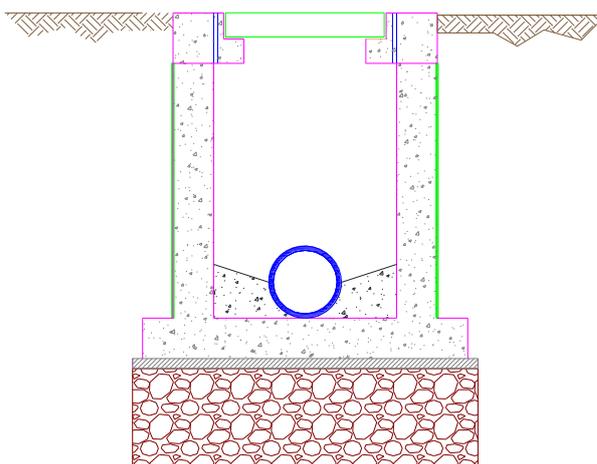


Figura 17. Pozo de Revisión
Fuente: Elaboración Propia

Los pozos de revisión detallados en los planos en la parte de anexos del documento, son de acuerdo a la altura de excavación que se requería para cada caso, ya sea en el diseño de tuberías de hormigón o de PVC.

4.3.2 Cajas Domiciliarias

En los planos encontrados en la parte de anexos, se detalla que serán cajas de 50x50 cm con conexiones de los ramales mediante tuberías de 110 mm de diámetro, con pendientes del 2% al 30%, según la irregularidad del terreno y la cota de proyecto requerido para cada caso.

4.4 ALTERNATIVA 1: Cálculos Hidráulicos

4.4.1 Datos Iniciales de Diseño del Proyecto

| | |
|------------------------------|---------------|
| Población actual | 3020 hab |
| Población Futura Promedio | 5352 hab |
| Densidad de Diseño | 99.04 hab/Ha |
| Dotación | 100 l/hab/dia |
| Área de Aportación | 54.04 Ha |
| Caudal medio final | 4.96 l/s |
| Coefficiente de flujo máximo | 3 |
| Caudal máximo horario | 14.87 l/s |
| Caudal de Infiltración | 0.5 l/s/km |
| Longitud tubería principal | 4.7 km |
| Caudal de conexiones erradas | 1.49 l/s |
| Caudal de Diseño | 17.03 l/s |

4.4.2 Descripción de Hoja de cálculo de datos iniciales

En la Tabla XV, se detalla según la división propuesta para el cálculo de la red principal de pozos de inspección. Se especifica según el área de aportación de cada pozo, la cantidad de

habitantes actuales y la futura, así como también, sus respectivas densidades actuales y futuras. Seguido de esto, el caudal medio final según la población en ese sector señalado por códigos, luego el caudal máximo horario dependiente del anterior, inmediatamente un caudal de infiltración que va a depender del material a usar en las tuberías, en este caso de PVC, y finalmente el caudal de diseño del sistema.

Tabla XV.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño

| Código | Área (m2) | #Predios | Población actual | Población futura | Densidad Actual (hab/Ha) | Densidad Futura (hab/Ha) | Qmf (l/s) | K | Qmh (l/s) | Qinf (l/s) | Qd (l/s) |
|--------|-----------|----------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---|-----------|------------|----------|
| 1 | 45939.72 | 63 | 173 | 307 | 37.66 | 66.74 | 0.284 | 3 | 0.852 | 0.124 | 0.98 |
| 2 | 9021.46 | 14 | 45 | 80 | 49.88 | 88.40 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.032 | 0.25 |
| 3 | 9310.76 | 10 | 24 | 43 | 25.78 | 45.68 | 0.039 | 3 | 0.118 | 0.017 | 0.14 |
| 4 | 21050.88 | 1 | 5 | 9 | 2.38 | 4.21 | 0.008 | 3 | 0.025 | 0.004 | 0.03 |
| 5 | 2815.93 | 1 | 5 | 9 | 17.76 | 31.47 | 0.008 | 3 | 0.025 | 0.004 | 0.03 |
| 6.1 | 16810.58 | 6 | 42 | 74 | 24.98 | 44.28 | 0.069 | 3 | 0.207 | 0.030 | 0.24 |
| 6.2 | 13396.11 | 12 | 62 | 110 | 46.28 | 82.02 | 0.102 | 3 | 0.305 | 0.044 | 0.35 |
| 6.3 | 22938.24 | 15 | 309 | 548 | 134.71 | 238.73 | 0.507 | 3 | 1.521 | 0.222 | 1.74 |
| 6 | 12000.90 | 15 | 45 | 80 | 37.50 | 66.45 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.032 | 0.25 |
| 7.1 | 13330.83 | 43 | 95 | 168 | 71.26 | 126.29 | 0.156 | 3 | 0.468 | 0.068 | 0.54 |
| 7.2 | 3925.79 | 9 | 126 | 223 | 320.95 | 568.79 | 0.207 | 3 | 0.620 | 0.090 | 0.71 |
| 7.3 | 8700.80 | 15 | 192 | 340 | 220.67 | 391.07 | 0.315 | 3 | 0.945 | 0.138 | 1.08 |
| 7.4 | 9760.12 | 4 | 164 | 291 | 168.03 | 297.78 | 0.269 | 3 | 0.807 | 0.118 | 0.92 |
| 7.5 | 6710.41 | 9 | 36 | 64 | 53.65 | 95.07 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.026 | 0.20 |
| 7.6 | 3750.19 | 3 | 12 | 21 | 32.00 | 56.71 | 0.020 | 3 | 0.059 | 0.009 | 0.07 |
| 7.7 | 14467.90 | 14 | 66 | 117 | 45.62 | 80.84 | 0.108 | 3 | 0.325 | 0.047 | 0.37 |
| 7 | 9874.87 | 12 | 36 | 64 | 36.46 | 64.61 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.026 | 0.20 |
| 8 | 19165.23 | 25 | 104 | 184 | 54.26 | 96.17 | 0.171 | 3 | 0.512 | 0.075 | 0.59 |
| 9.1 | 3884.44 | 17 | 51 | 90 | 131.29 | 232.68 | 0.084 | 3 | 0.251 | 0.037 | 0.29 |
| 9.2 | 2900.15 | 13 | 39 | 69 | 134.48 | 238.32 | 0.064 | 3 | 0.192 | 0.028 | 0.22 |
| 9.3 | 8676.95 | 23 | 69 | 122 | 79.52 | 140.93 | 0.113 | 3 | 0.340 | 0.049 | 0.39 |
| 9.4 | 11478.79 | 24 | 48 | 85 | 41.82 | 74.11 | 0.079 | 3 | 0.236 | 0.034 | 0.27 |
| 9.5 | 8278.11 | 17 | 34 | 60 | 41.07 | 72.79 | 0.056 | 3 | 0.167 | 0.024 | 0.19 |

Tabla XV.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño

| Código | Área (m2) | #Predios | Población actual | Población futura | Densidad Actual (hab/Ha) | Densidad Futura (hab/Ha) | Qmf (l/s) | K | Qmh (l/s) | Qinf (l/s) | Qd (l/s) |
|---------|-----------|----------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---|-----------|------------|----------|
| 9 | 5376.03 | 4 | 12 | 21 | 22.32 | 39.56 | 0.020 | 3 | 0.059 | 0.009 | 0.07 |
| 10 | 3400.78 | 3 | 9 | 16 | 26.46 | 46.90 | 0.015 | 3 | 0.044 | 0.006 | 0.05 |
| 11 | 13794.70 | 25 | 75 | 122 | 54.37 | 88.44 | 0.113 | 3 | 0.339 | 0.054 | 0.39 |
| 12.1 | 8578.73 | 0 | 0 | 53 | 0.00 | 61.78 | 0.049 | 3 | 0.147 | 0.000 | 0.15 |
| 12.2 | 5064.13 | 0 | 0 | 40 | 0.00 | 78.99 | 0.037 | 3 | 0.111 | 0.000 | 0.11 |
| 12.3 | 20785.74 | 16 | 64 | 108 | 30.79 | 51.96 | 0.100 | 3 | 0.300 | 0.046 | 0.35 |
| 12.4 | 10500.34 | 12 | 36 | 64 | 34.28 | 60.76 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.026 | 0.20 |
| 12.5 | 8773.54 | 8 | 29 | 51 | 33.05 | 58.58 | 0.048 | 3 | 0.143 | 0.021 | 0.16 |
| 12.6 | 7682.81 | 8 | 36 | 64 | 46.86 | 83.04 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.026 | 0.20 |
| 12 | 13010.54 | 19 | 38 | 60 | 29.21 | 46.12 | 0.056 | 3 | 0.167 | 0.027 | 0.19 |
| 13.1 | 7363.97 | 14 | 40 | 71 | 54.32 | 96.26 | 0.066 | 3 | 0.197 | 0.029 | 0.23 |
| 13.2 | 3398.63 | 15 | 30 | 50 | 88.27 | 147.12 | 0.046 | 3 | 0.139 | 0.022 | 0.16 |
| 13.3 | 4963.63 | 28 | 56 | 88 | 112.82 | 177.29 | 0.081 | 3 | 0.244 | 0.040 | 0.28 |
| 13.3.1 | 7400.61 | 20 | 43 | 76 | 58.10 | 102.97 | 0.071 | 3 | 0.212 | 0.031 | 0.24 |
| 13.3.2 | 5863.58 | 18 | 54 | 80 | 92.09 | 136.44 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.039 | 0.26 |
| 13.4 | 6230.53 | 16 | 48 | 85 | 77.04 | 136.53 | 0.079 | 3 | 0.236 | 0.034 | 0.27 |
| 13.5 | 6938.43 | 14 | 52 | 88 | 74.94 | 126.83 | 0.081 | 3 | 0.244 | 0.037 | 0.28 |
| 13.6 | 4467.04 | 12 | 36 | 60 | 80.59 | 134.32 | 0.056 | 3 | 0.167 | 0.026 | 0.19 |
| 13.7 | 8537.69 | 21 | 45 | 80 | 52.71 | 93.41 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.032 | 0.25 |
| 13.8 | 4198.94 | 6 | 17 | 28 | 40.49 | 66.68 | 0.026 | 3 | 0.078 | 0.012 | 0.09 |
| 13.9 | 5825.85 | 11 | 43 | 76 | 73.81 | 130.80 | 0.071 | 3 | 0.212 | 0.031 | 0.24 |
| 13.10.1 | 1600.66 | 4 | 12 | 21 | 74.97 | 132.86 | 0.020 | 3 | 0.059 | 0.009 | 0.07 |
| 13.10.2 | 8465.45 | 37 | 74 | 105 | 87.41 | 124.03 | 0.097 | 3 | 0.292 | 0.053 | 0.34 |

Tabla XV.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño

| Código | Área (m2) | #Predios | Población actual | Población futura | Densidad Actual (hab/Ha) | Densidad Futura (hab/Ha) | Qmf (l/s) | K | Qmh (l/s) | Qinf (l/s) | Qd (l/s) |
|---------------|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|----------|------------------|-------------------|-----------------|
| 13.10.3 | 7391.68 | 15 | 63 | 112 | 85.23 | 151.05 | 0.103 | 3 | 0.310 | 0.045 | 0.36 |
| 13.10.4 | 14251.64 | 30 | 75 | 130 | 52.63 | 91.22 | 0.120 | 3 | 0.361 | 0.054 | 0.41 |
| 13.10 | 8027.96 | 10 | 30 | 53 | 37.37 | 66.23 | 0.049 | 3 | 0.148 | 0.022 | 0.17 |
| 13.11 | 7926.75 | 6 | 32 | 57 | 40.37 | 71.54 | 0.053 | 3 | 0.158 | 0.023 | 0.18 |
| 13 | 7024.43 | 9 | 30 | 53 | 42.71 | 75.69 | 0.049 | 3 | 0.148 | 0.022 | 0.17 |
| X1 | 8488.24 | 18 | 53 | 94 | 62.44 | 110.65 | 0.08697 | 3 | 0.26091 | 0.03799 | 0.30 |
| X1' | 24865.60 | 35 | 70 | 124 | 28.15 | 49.89 | 0.11486 | 3 | 0.34459 | 0.05018 | 0.39 |
| X | 12004.54 | 9 | 36 | 64 | 29.99 | 53.15 | 0.05907 | 3 | 0.17722 | 0.02581 | 0.20 |

4.4.3 Datos Finales del Proyecto

| | |
|------------------------------|-----------|
| Población Futura Promedio | 5352 hab |
| Área de Aportación | 54.04 Ha |
| Caudal de Diseño | 17.03 l/s |
| Coeficiente de Rugosidad | 0.009 |
| Diámetro mínimo | 200 mm |
| Porcentaje tubería semillena | 75% |
| Pendiente mínima | 0.15% |

4.4.4 Descripción de Hoja de Cálculo de datos finales

En la siguiente tabla, se plantea los cálculos de pre diseño del sistema de alcantarillado de la Comuna de Engabao, controlando velocidades mínimas, pendientes mínimas y el tirante que debe cumplir como mínimo para evitar sedimentación dentro de las tuberías, como además, grandes presiones que ocasionen daños en la estructura.

Las cotas de proyecto están de acuerdo a las de terreno, cumpliendo como mínimo un metro de diferencia entre ellas, a más de que cumplan con todo lo descrito previamente, evitando grandes cortes de tierra en el proyecto.

En este caso para la alternativa 1 con tuberías PVC, cajas de registro de hormigón simple (50x50 cm), cámaras de inspección de hormigón armado de 900mm de diámetro y las tuberías de

los ramales de PVC de 110 mm de diámetro; los cortes que se requieren son hasta de 7m por la topografía del terreno, ya que ésta es muy irregular en varios tramos, lo que influyó a la gran cantidad de pozos de revisión y al caudal mínimo que ingresaba, influyendo directamente en el presupuesto del proyecto.

En ciertos tramos, las cámaras de inspección recolectaban caudales muy pequeños, lo que generaba mayores cortes, debido a que la diferencia de la cota de proyecto con la de terreno aumentaba, porque no cumplían las velocidades mínimas.

Eso se debió a que en ciertos lugares el área de aportación cubría poca cantidad de predios, es decir, menor cantidad de habitantes, y por ende pequeños caudales.

Tabla XVI.- Hoja de Cálculos Finales de Diseño

| PRE-DISEÑO DE COLECTORES DE COMUNA ENGABAO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------|---|----------------------|--------------------------|---|---|-------------|-------------|----------|-------|-------------------|---------------------------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------|--------------------------|---|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------|------------------------------------|
| ALTERNATIVA 1: PLANTEAMIENTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL CON TUBERÍAS PVC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS BASICOS (S original) | | | | | DISEÑO DE COLECTORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | COTA TERRENO | | COTA PROYECTO | | CORTE | | | | |
| SIMBOLOGIA | X | Y | CAUDAL DISEÑO (L/s) | CAUDAL DISEÑO ACUMULADO (Q _d) | LONGITUD (m) | PRE-DISEÑO | | | | | | | | | | | | | | VALORES PARA VERIFICACION DE RESULTADOS | | | | | | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | | |
| | | | | | | Rugosidad n _c | n _v Viscosidad Cinemática a 20°C | K _s Rugosidad Absoluta (PVC) | S (Asumido) | D (Asumido) | Ynl = %D | g | A | P _m Perimetro Mojado | R _n | Q | Q > Q _d ? | D (definitivo) | Y _n Calculado | θ Calculado | A (definitivo) | P _m (definitivo) | R _n (definitivo) | T | Fr | | | | | | | V (Q/A) | T (esfuerzo cortante AUTOLIMPIEZA) |
| | | | | | | 0.009 | % | (m ² /s) | % | m | m | (rad) | (m ³) | (m) | (m) | (m ³ /s) | Si/No | (m) | (m) | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | (m) | (m) | | | | | | | m/s | Pa |
| 1 | | | 0.98 | 0.98 | 57.2 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0042 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0226 | SI | 0.182 | 0.0252 | 1.52 | 0.002 | 0.139 | 0.016 | 0.126 | 1.09 | 0.45 | 0.64 | 16.45 | 16.89 | 14.56 | 14.32 | 1.89 | 2.57 |
| 2 | | | 0.25 | 1.23 | 69.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0042 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0228 | SI | 0.182 | 0.0280 | 1.61 | 0.003 | 0.147 | 0.017 | 0.131 | 1.11 | 0.48 | 0.71 | 16.89 | 15.07 | 14.32 | 14.03 | 2.57 | 1.04 |
| 3 | | | 0.14 | 1.36 | 135.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0032 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0195 | SI | 0.182 | 0.0316 | 1.72 | 0.003 | 0.156 | 0.019 | 0.138 | 0.97 | 0.45 | 0.60 | 15.07 | 15.71 | 14.03 | 13.60 | 1.04 | 2.11 |
| 4 | | | 0.03 | 1.39 | 124.1 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0031 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0194 | SI | 0.182 | 0.0320 | 1.73 | 0.003 | 0.157 | 0.020 | 0.138 | 0.97 | 0.45 | 0.60 | 15.71 | 17.76 | 13.60 | 13.21 | 2.11 | 4.55 |
| 5 | | | 0.03 | 1.42 | 85.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0031 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0194 | SI | 0.182 | 0.0323 | 1.74 | 0.003 | 0.158 | 0.020 | 0.139 | 0.97 | 0.46 | 0.61 | 17.76 | 18.15 | 13.21 | 12.94 | 4.55 | 5.21 |
| 6.1 | | | 0.24 | 0.24 | 135.8 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0140 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0441 | SI | 0.182 | 0.0096 | 0.93 | 0.001 | 0.084 | 0.006 | 0.081 | 1.77 | 0.45 | 0.86 | 15.73 | 17.10 | 14.70 | 12.80 | 1.03 | 4.30 |
| 6.2 | | | 0.35 | 0.59 | 85.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0064 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0288 | SI | 0.182 | 0.0178 | 1.27 | 0.001 | 0.116 | 0.011 | 0.108 | 1.31 | 0.45 | 0.71 | 17.10 | 17.25 | 12.80 | 12.25 | 4.30 | 5.00 |
| 6.3 | | | 1.74 | 2.33 | 80.8 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0020 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0150 | SI | 0.182 | 0.0463 | 2.12 | 0.005 | 0.192 | 0.027 | 0.158 | 0.79 | 0.45 | 0.53 | 17.25 | 18.15 | 12.25 | 12.09 | 5.00 | 6.08 |
| 6 | | | 0.25 | 4.00 | 124.1 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0015 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0130 | SI | 0.182 | 0.0655 | 2.58 | 0.008 | 0.234 | 0.036 | 0.175 | 0.69 | 0.48 | 0.54 | 18.15 | 18.50 | 12.94 | 12.75 | 5.21 | 5.75 |
| 7.1 | | | 0.54 | 0.54 | 51.7 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0072 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0305 | SI | 0.182 | 0.0166 | 1.23 | 0.001 | 0.112 | 0.011 | 0.105 | 1.37 | 0.45 | 0.74 | 17.96 | 17.58 | 16.50 | 16.13 | 1.46 | 1.45 |
| 7.2 | | | 0.71 | 1.25 | 19.3 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0119 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0404 | SI | 0.182 | 0.0220 | 1.42 | 0.002 | 0.129 | 0.014 | 0.118 | 1.82 | 0.70 | 1.61 | 17.58 | 17.55 | 16.13 | 15.90 | 1.45 | 1.65 |
| 7.3 | | | 1.08 | 2.33 | 81.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0024 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0169 | SI | 0.182 | 0.0499 | 2.06 | 0.005 | 0.187 | 0.026 | 0.156 | 0.87 | 0.48 | 0.62 | 17.55 | 16.82 | 15.90 | 15.70 | 1.65 | 1.12 |
| 7.4 | | | 0.92 | 3.25 | 97.5 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0075 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0313 | SI | 0.182 | 0.0393 | 1.93 | 0.004 | 0.176 | 0.023 | 0.150 | 1.52 | 0.79 | 1.72 | 16.82 | 15.97 | 15.70 | 14.97 | 1.12 | 1.00 |
| 7.5 | | | 0.20 | 3.46 | 62.5 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0019 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0147 | SI | 0.182 | 0.0572 | 2.38 | 0.007 | 0.217 | 0.032 | 0.169 | 0.78 | 0.49 | 0.61 | 15.97 | 17.65 | 14.97 | 14.85 | 1.00 | 2.80 |
| 7.6 | | | 0.07 | 3.52 | 143.8 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0026 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0174 | SI | 0.182 | 0.0535 | 2.29 | 0.006 | 0.208 | 0.031 | 0.166 | 0.90 | 0.55 | 0.77 | 17.65 | 18.22 | 14.85 | 14.48 | 2.80 | 3.74 |
| 7.7 | | | 0.37 | 3.90 | 85.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0004 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0542 | SI | 0.182 | 0.0335 | 1.78 | 0.003 | 0.161 | 0.020 | 0.141 | 2.48 | 1.19 | 4.06 | 18.22 | 18.50 | 14.48 | 12.75 | 3.74 | 5.75 |
| 7 | | | 0.20 | 8.10 | 33.1 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0015 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0129 | SI | 0.182 | 0.0980 | 3.30 | 0.014 | 0.300 | 0.048 | 0.181 | 0.65 | 0.57 | 0.70 | 18.50 | 18.72 | 12.75 | 12.70 | 5.75 | 6.02 |
| 8 | | | 0.59 | 8.69 | 73.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0016 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0135 | SI | 0.182 | 0.0997 | 3.34 | 0.015 | 0.303 | 0.048 | 0.181 | 0.67 | 0.60 | 0.77 | 18.72 | 19.05 | 12.70 | 12.58 | 6.02 | 6.47 |
| 9.1 | | | 0.29 | 0.29 | 145.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0117 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0400 | SI | 0.182 | 0.0110 | 0.99 | 0.001 | 0.090 | 0.007 | 0.087 | 1.65 | 0.45 | 0.82 | 17.45 | 18.04 | 16.45 | 14.75 | 1.00 | 3.29 |
| 9.2 | | | 0.22 | 0.51 | 99.5 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0075 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0314 | SI | 0.182 | 0.0160 | 1.20 | 0.001 | 0.109 | 0.010 | 0.103 | 1.40 | 0.45 | 0.75 | 18.04 | 18.13 | 14.75 | 14.00 | 3.29 | 4.13 |
| 9.3 | | | 0.39 | 0.90 | 88.5 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0045 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0237 | SI | 0.182 | 0.0237 | 1.48 | 0.002 | 0.134 | 0.015 | 0.122 | 1.13 | 0.45 | 0.66 | 18.13 | 17.94 | 14.00 | 13.60 | 4.13 | 4.34 |
| 9.4 | | | 0.27 | 1.17 | 141.7 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0035 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0207 | SI | 0.182 | 0.0285 | 1.63 | 0.003 | 0.148 | 0.018 | 0.132 | 1.02 | 0.45 | 0.61 | 17.94 | 18.51 | 13.60 | 13.10 | 4.34 | 5.41 |
| 9.5 | | | 0.19 | 1.36 | 139.7 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0037 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0213 | SI | 0.182 | 0.0303 | 1.68 | 0.003 | 0.153 | 0.019 | 0.136 | 1.05 | 0.48 | 0.68 | 18.51 | 19.05 | 13.10 | 12.58 | 5.41 | 6.47 |
| 9 | | | 0.07 | 10.12 | 81.4 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0016 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0133 | SI | 0.182 | 0.1108 | 3.58 | 0.017 | 0.326 | 0.051 | 0.177 | 0.84 | 0.61 | 0.80 | 19.05 | 19.26 | 12.58 | 12.45 | 6.47 | 6.81 |
| 10 | | | 0.05 | 10.17 | 108.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0016 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0132 | SI | 0.182 | 0.1119 | 3.61 | 0.017 | 0.328 | 0.051 | 0.177 | 0.63 | 0.61 | 0.78 | 19.26 | 19.63 | 12.45 | 12.28 | 6.81 | 7.35 |
| 11 | | | 0.39 | 10.56 | 138.4 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0016 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0133 | SI | 0.182 | 0.1142 | 3.66 | 0.017 | 0.333 | 0.052 | 0.176 | 0.63 | 0.62 | 0.80 | 19.63 | 18.96 | 12.28 | 12.06 | 7.35 | 6.94 |
| 12.1 | | | 0.15 | 0.15 | 91.3 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0221 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0567 | SI | 0.182 | 0.0069 | 0.79 | 0.000 | 0.071 | 0.005 | 0.070 | 2.12 | 0.45 | 0.99 | 18.07 | 18.30 | 17.00 | 14.98 | 1.07 | 3.32 |

| PRE-DISEÑO DE COLECTORES DE COMUNA ENGABAO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|----------|-------|-------------------|---------------------|-------|---------------------|---------|---|--------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------|---------|--------------------------------------|
| ALTERNATIVA 1: PLANTEAMIENTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL CON TUBERÍAS PVC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS BASICOS (S original) | | | | | DISEÑO DE COLECTORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | COTA TERRENO | | COTA PROYECTO | | CORTE | | | | | | |
| SIMBOLOGIA | X | Y | CAUDAL DISEÑO (L/s) | CAUDAL DISEÑO ACUMULADO (cfs) | LONGITUD (m) | PRE-DISEÑO | | | | | | | | | | | | VALORES PARA VERIFICACION DE RESULTADOS | | | | | | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | | | | |
| | | | | | | %D (Asumido) | v Viscosidad Cinemática a 20°C | Ks Rugosidad Absoluta (PVC) | S (Asumido) | D (Asumido) | Yri = %D | θ | A | Pm Perimetro Mojado | Rh | Q | Q > Qd? | D (definitivo) | Vn Calculado | θ Calculado | A (definitivo) | Pm (definitivo) | Rh (definitivo) | | | | | | | T | Fr | V (Q/A) | T (esfuerzo cortante - AUTOLIMPIEZA) |
| | | | | | | % | (m ² /s) | (m) | % | m | m | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | (m ³ /s) | Si/No | (m) | (m) | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | | | | | | | (m) | | m/s | Pa |
| 12.2 | | | 0.11 | 0.26 | 120.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0136 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0434 | SI | 0.182 | 0.0101 | 0.95 | 0.001 | 0.087 | 0.007 | 0.083 | 1.76 | 0.45 | 0.87 | 18.30 | 18.66 | 14.98 | 13.34 | 3.32 | 5.32 |
| 12.3 | | | 0.35 | 0.60 | 44.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0062 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0283 | SI | 0.182 | 0.0181 | 1.29 | 0.001 | 0.117 | 0.012 | 0.109 | 1.29 | 0.45 | 0.71 | 18.66 | 19.00 | 13.34 | 13.06 | 5.32 | 5.94 |
| 12.4 | | | 0.20 | 0.81 | 76.1 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0049 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0247 | SI | 0.182 | 0.0221 | 1.43 | 0.002 | 0.129 | 0.014 | 0.119 | 1.16 | 0.45 | 0.66 | 19.00 | 18.91 | 13.06 | 12.69 | 5.94 | 6.22 |
| 12.5 | | | 0.16 | 0.97 | 39.4 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0043 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0231 | SI | 0.182 | 0.0249 | 1.52 | 0.002 | 0.138 | 0.015 | 0.125 | 1.11 | 0.45 | 0.66 | 18.91 | 19.17 | 12.69 | 12.52 | 6.22 | 6.65 |
| 12.6 | | | 0.20 | 1.17 | 72.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0063 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0285 | SI | 0.182 | 0.0248 | 1.52 | 0.002 | 0.138 | 0.015 | 0.125 | 1.35 | 0.55 | 0.96 | 19.17 | 18.96 | 12.52 | 12.06 | 6.65 | 6.90 |
| 12 | | | 0.19 | 11.93 | 64.3 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0132 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0428 | SI | 0.182 | 0.0660 | 2.59 | 0.009 | 0.235 | 0.036 | 0.175 | 2.03 | 1.40 | 4.69 | 18.96 | 18.76 | 12.06 | 11.21 | 6.90 | 7.55 |
| 13.1 | | | 0.23 | 0.23 | 139.7 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0146 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0452 | SI | 0.182 | 0.0093 | 0.91 | 0.001 | 0.083 | 0.006 | 0.080 | 1.80 | 0.45 | 0.87 | 17.04 | 17.64 | 16.00 | 13.96 | 1.04 | 3.68 |
| 13.2 | | | 0.16 | 0.39 | 81.4 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0092 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0351 | SI | 0.182 | 0.0134 | 1.10 | 0.001 | 0.100 | 0.009 | 0.095 | 1.51 | 0.45 | 0.78 | 17.64 | 18.30 | 13.96 | 13.21 | 3.68 | 5.09 |
| 13.3 | | | 0.28 | 0.67 | 108.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0058 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0272 | SI | 0.182 | 0.0194 | 1.33 | 0.001 | 0.121 | 0.012 | 0.112 | 1.25 | 0.45 | 0.70 | 18.30 | 18.01 | 13.21 | 12.58 | 5.09 | 5.43 |
| 13.4.1 | | | 0.24 | 0.24 | 138.4 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0137 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0437 | SI | 0.182 | 0.0098 | 0.94 | 0.001 | 0.085 | 0.006 | 0.082 | 1.76 | 0.45 | 0.86 | 16.52 | 16.70 | 15.50 | 13.60 | 1.02 | 3.10 |
| 13.4.2 | | | 0.26 | 0.50 | 91.3 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0112 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0390 | SI | 0.182 | 0.0145 | 1.15 | 0.001 | 0.104 | 0.009 | 0.098 | 1.67 | 0.52 | 1.02 | 16.70 | 18.01 | 13.60 | 12.58 | 3.10 | 5.43 |
| 13.4 | | | 0.27 | 1.44 | 120.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0190 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0188 | SI | 0.182 | 0.0390 | 1.76 | 0.003 | 0.160 | 0.020 | 0.140 | 0.95 | 0.45 | 0.59 | 18.01 | 18.52 | 12.58 | 12.22 | 5.43 | 6.30 |
| 13.5 | | | 0.28 | 1.73 | 44.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0027 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0177 | SI | 0.182 | 0.0370 | 1.87 | 0.004 | 0.170 | 0.022 | 0.146 | 0.91 | 0.46 | 0.58 | 18.52 | 19.08 | 12.22 | 12.10 | 6.30 | 6.98 |
| 13.6 | | | 0.19 | 1.92 | 76.1 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0026 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0176 | SI | 0.182 | 0.0391 | 1.93 | 0.004 | 0.175 | 0.023 | 0.149 | 0.90 | 0.47 | 0.60 | 19.08 | 18.96 | 12.10 | 11.90 | 6.98 | 7.06 |
| 13.7 | | | 0.25 | 2.17 | 39.4 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0025 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0172 | SI | 0.182 | 0.0420 | 2.01 | 0.005 | 0.182 | 0.025 | 0.153 | 0.89 | 0.48 | 0.62 | 18.96 | 19.48 | 11.90 | 11.80 | 7.06 | 7.68 |
| 13.8 | | | 0.09 | 2.26 | 72.6 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0023 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0165 | SI | 0.182 | 0.0438 | 2.05 | 0.005 | 0.186 | 0.026 | 0.155 | 0.85 | 0.47 | 0.59 | 19.48 | 18.82 | 11.80 | 11.63 | 7.68 | 7.19 |
| 13.9 | | | 0.24 | 2.51 | 64.3 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0023 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0164 | SI | 0.182 | 0.0461 | 2.11 | 0.005 | 0.192 | 0.027 | 0.158 | 0.85 | 0.48 | 0.62 | 18.82 | 18.63 | 11.63 | 11.48 | 7.19 | 7.15 |
| 13.10.1 | | | 0.07 | 0.92 | 52.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0148 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0455 | SI | 0.182 | 0.0181 | 1.28 | 0.001 | 0.117 | 0.011 | 0.109 | 1.98 | 0.69 | 1.67 | 17.81 | 18.49 | 16.77 | 16.00 | 1.04 | 2.49 |
| 13.10.2 | | | 0.34 | 1.27 | 117.8 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0042 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0229 | SI | 0.182 | 0.0284 | 1.63 | 0.003 | 0.148 | 0.018 | 0.132 | 1.11 | 0.49 | 0.73 | 18.49 | 18.36 | 16.00 | 15.50 | 2.49 | 2.86 |
| 13.10.3 | | | 0.36 | 1.62 | 82.9 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0036 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0210 | SI | 0.182 | 0.0394 | 1.77 | 0.003 | 0.161 | 0.020 | 0.141 | 1.04 | 0.50 | 0.72 | 18.36 | 18.66 | 15.50 | 15.20 | 2.86 | 3.46 |
| 13.10.4 | | | 0.41 | 2.04 | 57.7 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0645 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.1016 | SI | 0.182 | 0.0186 | 1.30 | 0.001 | 0.118 | 0.012 | 0.110 | 4.15 | 1.46 | 7.45 | 18.66 | 18.63 | 15.20 | 11.48 | 3.46 | 7.15 |
| 13.10 | | | 0.17 | 4.71 | 79.7 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0018 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0140 | SI | 0.182 | 0.0690 | 2.66 | 0.009 | 0.241 | 0.037 | 0.176 | 0.74 | 0.52 | 0.64 | 18.63 | 18.80 | 11.48 | 11.34 | 7.15 | 7.46 |
| 13.11 | | | 0.18 | 4.89 | 80.5 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0016 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0134 | SI | 0.182 | 0.0720 | 2.72 | 0.010 | 0.248 | 0.039 | 0.178 | 0.70 | 0.51 | 0.61 | 18.80 | 18.76 | 11.34 | 11.21 | 7.46 | 7.55 |
| 13 | | | 0.17 | 16.99 | 100.3 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0031 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0192 | SI | 0.182 | 0.1267 | 3.95 | 0.019 | 0.359 | 0.054 | 0.167 | 0.83 | 0.88 | 1.63 | 18.76 | 18.76 | 11.21 | 10.90 | 7.55 | 7.86 |
| X1 | | | 0.28 | 0.28 | 69.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0350 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0728 | SI | 0.182 | 0.0085 | 0.87 | 0.000 | 0.079 | 0.006 | 0.077 | 2.75 | 0.65 | 1.90 | 11.53 | 9.54 | 9.68 | 7.27 | 1.85 | 2.28 |
| X1' | | | 0.38 | 0.38 | 62.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0278 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0642 | SI | 0.182 | 0.0102 | 0.96 | 0.001 | 0.087 | 0.007 | 0.084 | 2.52 | 0.65 | 1.81 | 10.79 | 9.54 | 8.99 | 7.27 | 1.80 | 2.28 |
| X | | | 0.19 | 0.85 | 14.0 | 75% | 1.0040E-06 | 1.5000E-06 | 0.0329 | 0.1817 | 0.1363 | 4.19 | 0.021 | 0.38 | 0.055 | 0.0704 | SI | 0.182 | 0.0164 | 1.22 | 0.001 | 0.111 | 0.010 | 0.104 | 2.22 | 0.73 | 3.38 | 9.54 | 8.67 | 7.27 | 6.81 | 2.28 | 1.86 |

El caudal total fue de 17.03 l/s, se cumplen las velocidades y las pendientes en los rangos establecidos, los tirantes en algunos tramos no pudieron ser cumplidos, pero no afecta los cálculos, lo que genera un diseño óptimo para la alternativa 1 de sistema de alcantarillado para la comuna de Engabao.

4.5 ALTERNATIVA 2: Cálculos Hidráulicos

4.5.1 Datos Iniciales de Diseño del Proyecto

| | |
|------------------------------|---------------|
| Población actual | 3020 hab |
| Población Futura Promedio | 5352 hab |
| Densidad de Diseño | 99.04 hab/Ha |
| Dotación | 100 l/hab/día |
| Área de Aportación | 54.04 Ha |
| Caudal medio final | 4.96 l/s |
| Coefficiente de flujo máximo | 3 |
| Caudal máximo horario | 14.87 l/s |
| Caudal de Infiltración | 0.2 l/s/km |
| Longitud tubería principal | 4.7 km |
| Caudal de conexiones erradas | 1.49 l/s |
| Caudal de Diseño | 16.24 l/s |

4.5.2 Descripción de Hoja de cálculo de datos iniciales

Como en el punto [4.4.2](#), se detalla lo mismo en la tabla a continuación, en este caso con tuberías de Hormigón, obteniendo finalmente el caudal de diseño del sistema.

Tabla XVII.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño

| Código | Área (m2) | #Predios | Población actual | Población futura | Densidad Actual (hab/Ha) | Densidad Futura (hab/Ha) | Qmf (l/s) | K | Qmh (l/s) | Qinf (l/s) | Qd (l/s) |
|--------|-----------|----------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---|-----------|------------|----------|
| 1 | 45939.72 | 63 | 173 | 307 | 37.66 | 66.74 | 0.284 | 3 | 0.852 | 0.078 | 0.93 |
| 2 | 9021.46 | 14 | 45 | 80 | 49.88 | 88.40 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.020 | 0.24 |
| 3 | 9310.76 | 10 | 24 | 43 | 25.78 | 45.68 | 0.039 | 3 | 0.118 | 0.011 | 0.13 |
| 4 | 21050.88 | 1 | 5 | 9 | 2.38 | 4.21 | 0.008 | 3 | 0.025 | 0.002 | 0.03 |
| 5 | 2815.93 | 1 | 5 | 9 | 17.76 | 31.47 | 0.008 | 3 | 0.025 | 0.002 | 0.03 |
| 6.1 | 16810.58 | 6 | 42 | 74 | 24.98 | 44.28 | 0.069 | 3 | 0.207 | 0.019 | 0.23 |
| 6.2 | 13396.11 | 12 | 62 | 110 | 46.28 | 82.02 | 0.102 | 3 | 0.305 | 0.028 | 0.33 |
| 6.3 | 22938.24 | 15 | 309 | 548 | 134.71 | 238.73 | 0.507 | 3 | 1.521 | 0.140 | 1.66 |
| 6 | 12000.90 | 15 | 45 | 80 | 37.50 | 66.45 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.020 | 0.24 |
| 7.1 | 13330.83 | 43 | 95 | 168 | 71.26 | 126.29 | 0.156 | 3 | 0.468 | 0.043 | 0.51 |
| 7.2 | 3925.79 | 9 | 126 | 223 | 320.95 | 568.79 | 0.207 | 3 | 0.620 | 0.057 | 0.68 |
| 7.3 | 8700.80 | 15 | 192 | 340 | 220.67 | 391.07 | 0.315 | 3 | 0.945 | 0.087 | 1.03 |
| 7.4 | 9760.12 | 4 | 164 | 291 | 168.03 | 297.78 | 0.269 | 3 | 0.807 | 0.074 | 0.88 |
| 7.5 | 6710.41 | 9 | 36 | 64 | 53.65 | 95.07 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.016 | 0.19 |
| 7.6 | 3750.19 | 3 | 12 | 21 | 32.00 | 56.71 | 0.020 | 3 | 0.059 | 0.005 | 0.06 |
| 7.7 | 14467.90 | 14 | 66 | 117 | 45.62 | 80.84 | 0.108 | 3 | 0.325 | 0.030 | 0.35 |
| 7 | 9874.87 | 12 | 36 | 64 | 36.46 | 64.61 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.016 | 0.19 |
| 8 | 19165.23 | 25 | 104 | 184 | 54.26 | 96.17 | 0.171 | 3 | 0.512 | 0.047 | 0.56 |
| 9.1 | 3884.44 | 17 | 51 | 90 | 131.29 | 232.68 | 0.084 | 3 | 0.251 | 0.023 | 0.27 |
| 9.2 | 2900.15 | 13 | 39 | 69 | 134.48 | 238.32 | 0.064 | 3 | 0.192 | 0.018 | 0.21 |
| 9.3 | 8676.95 | 23 | 69 | 122 | 79.52 | 140.93 | 0.113 | 3 | 0.340 | 0.031 | 0.37 |
| 9.4 | 11478.79 | 24 | 48 | 85 | 41.82 | 74.11 | 0.079 | 3 | 0.236 | 0.022 | 0.26 |

Tabla XVII.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño

| Código | Área (m2) | #Predios | Población actual | Población futura | Densidad Actual (hab/Ha) | Densidad Futura (hab/Ha) | Qmf (l/s) | K | Qmh (l/s) | Qinf (l/s) | Qd (l/s) |
|---------|-----------|----------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---|-----------|------------|----------|
| 9.5 | 8278.11 | 17 | 34 | 60 | 41.07 | 72.79 | 0.056 | 3 | 0.167 | 0.015 | 0.18 |
| 9 | 5376.03 | 4 | 12 | 21 | 22.32 | 39.56 | 0.020 | 3 | 0.059 | 0.005 | 0.06 |
| 10 | 3400.78 | 3 | 9 | 16 | 26.46 | 46.90 | 0.015 | 3 | 0.044 | 0.004 | 0.05 |
| 11 | 13794.70 | 25 | 75 | 122 | 54.37 | 88.44 | 0.113 | 3 | 0.339 | 0.034 | 0.37 |
| 12.1 | 8578.73 | 0 | 0 | 53 | 0.00 | 61.78 | 0.049 | 3 | 0.147 | 0.000 | 0.15 |
| 12.2 | 5064.13 | 0 | 0 | 40 | 0.00 | 78.99 | 0.037 | 3 | 0.111 | 0.000 | 0.11 |
| 12.3 | 20785.74 | 16 | 64 | 108 | 30.79 | 51.96 | 0.100 | 3 | 0.300 | 0.029 | 0.33 |
| 12.4 | 10500.34 | 12 | 36 | 64 | 34.28 | 60.76 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.016 | 0.19 |
| 12.5 | 8773.54 | 8 | 29 | 51 | 33.05 | 58.58 | 0.048 | 3 | 0.143 | 0.013 | 0.16 |
| 12.6 | 7682.81 | 8 | 36 | 64 | 46.86 | 83.04 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.016 | 0.19 |
| 12 | 13010.54 | 19 | 38 | 60 | 29.21 | 46.12 | 0.056 | 3 | 0.167 | 0.017 | 0.18 |
| 13.1 | 7363.97 | 14 | 40 | 71 | 54.32 | 96.26 | 0.066 | 3 | 0.197 | 0.018 | 0.22 |
| 13.2 | 3398.63 | 15 | 30 | 50 | 88.27 | 147.12 | 0.046 | 3 | 0.139 | 0.014 | 0.15 |
| 13.3 | 4963.63 | 28 | 56 | 88 | 112.82 | 177.29 | 0.081 | 3 | 0.244 | 0.025 | 0.27 |
| 13.3.1 | 7400.61 | 20 | 43 | 76 | 58.10 | 102.97 | 0.071 | 3 | 0.212 | 0.019 | 0.23 |
| 13.3.2 | 5863.58 | 18 | 54 | 80 | 92.09 | 136.44 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.024 | 0.25 |
| 13.4 | 6230.53 | 16 | 48 | 85 | 77.04 | 136.53 | 0.079 | 3 | 0.236 | 0.022 | 0.26 |
| 13.5 | 6938.43 | 14 | 52 | 88 | 74.94 | 126.83 | 0.081 | 3 | 0.244 | 0.024 | 0.27 |
| 13.6 | 4467.04 | 12 | 36 | 60 | 80.59 | 134.32 | 0.056 | 3 | 0.167 | 0.016 | 0.18 |
| 13.7 | 8537.69 | 21 | 45 | 80 | 52.71 | 93.41 | 0.074 | 3 | 0.222 | 0.020 | 0.24 |
| 13.8 | 4198.94 | 6 | 17 | 28 | 40.49 | 66.68 | 0.026 | 3 | 0.078 | 0.008 | 0.09 |
| 13.9 | 5825.85 | 11 | 43 | 76 | 73.81 | 130.80 | 0.071 | 3 | 0.212 | 0.019 | 0.23 |
| 13.10.1 | 1600.66 | 4 | 12 | 21 | 74.97 | 132.86 | 0.020 | 3 | 0.059 | 0.005 | 0.06 |

Tabla XVII.- Hoja de Cálculos Iniciales de Diseño

| Código | Área (m2) | #Predios | Población actual | Población futura | Densidad Actual (hab/Ha) | Densidad Futura (hab/Ha) | Qmf (l/s) | K | Qmh (l/s) | Qinf (l/s) | Qd (l/s) |
|---------|-----------|----------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---|-----------|------------|----------|
| 13.10.2 | 8465.45 | 37 | 74 | 105 | 87.41 | 124.03 | 0.097 | 3 | 0.292 | 0.034 | 0.33 |
| 13.10.3 | 7391.68 | 15 | 63 | 112 | 85.23 | 151.05 | 0.103 | 3 | 0.310 | 0.029 | 0.34 |
| 13.10.4 | 14251.64 | 30 | 75 | 130 | 52.63 | 91.22 | 0.120 | 3 | 0.361 | 0.034 | 0.40 |
| 13.10 | 8027.96 | 10 | 30 | 53 | 37.37 | 66.23 | 0.049 | 3 | 0.148 | 0.014 | 0.16 |
| 13.11 | 7926.75 | 6 | 32 | 57 | 40.37 | 71.54 | 0.053 | 3 | 0.158 | 0.015 | 0.17 |
| 13 | 7024.43 | 9 | 30 | 53 | 42.71 | 75.69 | 0.049 | 3 | 0.148 | 0.014 | 0.16 |
| X1 | 8488.24 | 18 | 53 | 94 | 62.44 | 110.65 | 0.087 | 3 | 0.261 | 0.024 | 0.28 |
| X1' | 24865.60 | 35 | 70 | 124 | 28.15 | 49.89 | 0.115 | 3 | 0.345 | 0.032 | 0.38 |
| X | 12004.54 | 9 | 36 | 64 | 29.99 | 53.15 | 0.059 | 3 | 0.177 | 0.016 | 0.19 |

4.5.3 Datos Finales del Proyecto

| | |
|------------------------------|-----------|
| Población Futura Promedio | 5352 hab |
| Área de Aportación | 54.04 Ha |
| Caudal de Diseño | 16.24 l/s |
| Coefficiente de Rugosidad | 0.013 |
| Diámetro mínimo | 300 mm |
| Porcentaje tubería semillena | 75% |
| Pendiente mínima | 0.19% |

4.5.4 Descripción de Hoja de Cálculo de datos finales

En la siguiente tabla, tal como se describió en la sección [4.4.4](#) se plantea los cálculos de pre diseño del sistema de alcantarillado de la Comuna de Engabao, verificando velocidades mínimas, pendientes mínimas y el tirante que debe cumplir como mínimo.

En este caso, la alternativa 2 consta de tuberías de hormigón simple de 300mm de diámetro, cajas de registro de hormigón simple (50x50 cm), cámaras de inspección de hormigón armado de 900mm de diámetro y las tuberías de los ramales de PVC de 110 mm de diámetro.

Los cortes que requiere para que cumpla las especificaciones antes mencionadas son un poco grandes, de hasta 15m, debido

a la irregularidad en varios tramos del terreno, lo que influyó a la gran cantidad de pozos de revisión y al caudal mínimo que ingresaba, influyendo directamente en el costo del proyecto, aumentando de manera significativa esta alternativa.

La rugosidad en este caso del material a usar en tuberías era mayor que las de PVC, lo que aumentaba la diferencia entre las cotas del terreno y las de proyecto para que de esta forma pueda cumplir con las velocidades mínimas requeridas dentro de la tubería.

Al igual que en el caso anterior, en ciertos lugares el área de aportación cubría poca cantidad de predios, lo que era directamente proporcional a una menor cantidad de habitantes, y por ende menores caudales en los pozos de inspección de la red principal.

Tabla XVIII.- Hoja de Cálculos Finales de Diseño

| PRE-DISEÑO DE COLECTORES DE COMUNA ENGABAO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---------------------|------------------------------|----------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|----------|----------|-------------------|---------------------------------|----------------|---------------------|---------|----------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|---------------|---------|--------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--|
| ALTERNATIVA 2-PLANTEAMIENTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL CON TUBERÍAS DE HORMIGÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS BÁSICOS (S original) | | | | | DISEÑO DE COLECTORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | COTA TERRENO | | COTA PROYECTO | | CORTE | | | | | | | |
| Rugosidad n: | X | Y | CAUDAL DISEÑO (L/s) | CAUDAL DISEÑO ACUMULADO (Qd) | LONGITUD (m) | %D (Asumido) | ν Viscosidad Cinemática a 20°C | Ks Rugosidad Absoluta (HORMIGÓN) | S (Asumido) | D (Asumido) | Yn1 = %D | θ | A | P _m Perímetro Mojado | R _h | Q | Q > Qd? | D (definitivo) | Y _m Calculado | θ Calculado | A (definitivo) | P _m (definitivo) | R _h (definitivo) | T | Fr | V (Q/A) | T (esfuerzo cortante - AUTOLIMPIEZA) | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | |
| | | | | | | % | (m ² /s) | (m) | % | m | m | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | (m ³ /s) | Si/No | (m) | (m) | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | (m) | | m/s | Pa | | | | | | | |
| 1 | | | 0.93 | 0.93 | 57.2 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0114 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1164 | SI | 0.300 | 0.0202 | 1.05 | 0.002 | 0.157 | 0.013 | 0.150 | 1.24 | 0.45 | 1.45 | 16.45 | 16.89 | 15.40 | 14.75 | 1.05 | 2.14 | |
| 2 | | | 0.24 | 1.17 | 69.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0093 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1054 | SI | 0.300 | 0.0236 | 1.14 | 0.003 | 0.170 | 0.015 | 0.161 | 1.15 | 0.45 | 1.38 | 16.89 | 15.07 | 14.75 | 14.10 | 2.14 | 0.97 | |
| 3 | | | 0.13 | 1.30 | 135.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0081 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0982 | SI | 0.300 | 0.0256 | 1.19 | 0.003 | 0.178 | 0.016 | 0.168 | 1.08 | 0.45 | 1.30 | 15.07 | 15.71 | 14.10 | 13.00 | 0.97 | 2.71 | |
| 4 | | | 0.03 | 1.33 | 124.1 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0081 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0978 | SI | 0.300 | 0.0259 | 1.19 | 0.003 | 0.179 | 0.017 | 0.168 | 1.08 | 0.45 | 1.31 | 15.71 | 17.76 | 13.00 | 12.00 | 2.71 | 5.76 | |
| 5 | | | 0.03 | 1.35 | 85.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0507 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2474 | SI | 0.300 | 0.0169 | 0.96 | 0.002 | 0.144 | 0.011 | 0.139 | 2.56 | 0.86 | 5.46 | 17.76 | 18.15 | 12.00 | 7.65 | 5.76 | 10.50 | |
| 6.1 | | | 0.23 | 0.23 | 135.8 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0376 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2128 | SI | 0.300 | 0.0079 | 0.65 | 0.001 | 0.098 | 0.005 | 0.096 | 1.96 | 0.45 | 1.91 | 15.73 | 17.10 | 14.70 | 9.60 | 1.03 | 7.50 | |
| 6.2 | | | 0.33 | 0.56 | 85.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0175 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1449 | SI | 0.300 | 0.0144 | 0.88 | 0.001 | 0.132 | 0.009 | 0.128 | 1.47 | 0.45 | 1.61 | 17.10 | 17.25 | 9.60 | 8.10 | 7.50 | 9.15 | |
| 6.3 | | | 1.66 | 2.22 | 80.8 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0056 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0811 | SI | 0.300 | 0.0361 | 1.42 | 0.005 | 0.213 | 0.023 | 0.195 | 0.93 | 0.46 | 1.24 | 17.25 | 18.15 | 8.10 | 7.65 | 9.15 | 10.50 | |
| 6 | | | 0.24 | 3.82 | 124.1 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0032 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0614 | SI | 0.300 | 0.0536 | 1.75 | 0.009 | 0.262 | 0.033 | 0.230 | 0.74 | 0.45 | 1.03 | 18.15 | 18.50 | 7.65 | 7.25 | 10.50 | 11.25 | |
| 7.1 | | | 0.51 | 0.51 | 51.7 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0199 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1546 | SI | 0.300 | 0.0133 | 0.85 | 0.001 | 0.128 | 0.009 | 0.124 | 1.55 | 0.46 | 1.70 | 17.96 | 17.58 | 16.93 | 15.90 | 1.03 | 1.68 | |
| 7.2 | | | 0.68 | 1.19 | 19.3 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0093 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1053 | SI | 0.300 | 0.0237 | 1.14 | 0.003 | 0.171 | 0.015 | 0.162 | 1.15 | 0.46 | 1.39 | 17.58 | 17.55 | 15.90 | 15.72 | 1.68 | 1.83 | |
| 7.3 | | | 1.03 | 2.22 | 81.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0057 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0824 | SI | 0.300 | 0.0358 | 1.41 | 0.005 | 0.212 | 0.023 | 0.195 | 0.95 | 0.47 | 1.27 | 17.55 | 16.82 | 15.72 | 15.25 | 1.83 | 1.57 | |
| 7.4 | | | 0.88 | 3.10 | 97.5 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0041 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0694 | SI | 0.300 | 0.0457 | 1.60 | 0.007 | 0.240 | 0.028 | 0.216 | 0.82 | 0.46 | 1.14 | 16.82 | 15.97 | 15.25 | 14.85 | 1.57 | 1.12 | |
| 7.5 | | | 0.19 | 3.30 | 62.5 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0040 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0685 | SI | 0.300 | 0.0473 | 1.63 | 0.007 | 0.245 | 0.029 | 0.219 | 0.81 | 0.46 | 1.14 | 15.97 | 17.65 | 14.85 | 14.60 | 1.12 | 3.05 | |
| 7.6 | | | 0.06 | 3.36 | 143.8 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0037 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0657 | SI | 0.300 | 0.0487 | 1.66 | 0.007 | 0.249 | 0.030 | 0.221 | 0.78 | 0.45 | 1.08 | 17.65 | 18.22 | 14.60 | 14.07 | 3.05 | 4.15 | |
| 7.7 | | | 0.35 | 3.71 | 85.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0802 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.3117 | SI | 0.300 | 0.0245 | 1.16 | 0.003 | 0.174 | 0.016 | 0.164 | 3.38 | 1.36 | 12.33 | 18.22 | 18.50 | 14.07 | 7.25 | 4.15 | 11.25 | |
| 7 | | | 0.19 | 7.73 | 33.1 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0024 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0530 | SI | 0.300 | 0.0818 | 2.20 | 0.016 | 0.330 | 0.047 | 0.267 | 0.65 | 0.49 | 1.12 | 18.50 | 18.72 | 7.25 | 7.17 | 11.25 | 11.55 | |
| 8 | | | 0.56 | 8.28 | 73.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0145 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1318 | SI | 0.300 | 0.0542 | 1.76 | 0.009 | 0.263 | 0.033 | 0.231 | 1.57 | 0.95 | 4.69 | 18.72 | 19.05 | 7.17 | 6.11 | 11.55 | 12.94 | |
| 9.1 | | | 0.27 | 0.27 | 145.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0314 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1944 | SI | 0.300 | 0.0090 | 0.70 | 0.001 | 0.104 | 0.006 | 0.102 | 1.83 | 0.45 | 1.82 | 17.45 | 18.04 | 16.45 | 11.90 | 1.00 | 6.14 | |
| 9.2 | | | 0.21 | 0.48 | 99.5 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0191 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1513 | SI | 0.300 | 0.0131 | 0.84 | 0.001 | 0.127 | 0.009 | 0.123 | 1.51 | 0.45 | 1.61 | 18.04 | 18.13 | 11.90 | 10.00 | 6.14 | 8.13 | |
| 9.3 | | | 0.37 | 0.85 | 88.5 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0136 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1273 | SI | 0.300 | 0.0186 | 1.01 | 0.002 | 0.151 | 0.012 | 0.145 | 1.34 | 0.47 | 1.60 | 18.13 | 17.94 | 10.00 | 8.80 | 8.13 | 9.14 | |
| 9.4 | | | 0.26 | 1.11 | 141.7 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0106 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1123 | SI | 0.300 | 0.0223 | 1.11 | 0.002 | 0.166 | 0.014 | 0.157 | 1.21 | 0.47 | 1.49 | 17.94 | 18.51 | 8.80 | 7.30 | 9.14 | 11.21 | |
| 9.5 | | | 0.18 | 1.30 | 139.7 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0085 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1006 | SI | 0.300 | 0.0252 | 1.18 | 0.003 | 0.177 | 0.016 | 0.167 | 1.11 | 0.45 | 1.35 | 18.51 | 19.05 | 7.30 | 6.11 | 11.21 | 12.94 | |
| 9 | | | 0.06 | 9.64 | 81.4 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0021 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0492 | SI | 0.300 | 0.0952 | 2.39 | 0.019 | 0.359 | 0.054 | 0.279 | 0.61 | 0.50 | 1.10 | 19.05 | 19.26 | 6.11 | 5.94 | 12.94 | 13.32 | |
| 10 | | | 0.05 | 9.69 | 108.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0020 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0484 | SI | 0.300 | 0.0962 | 2.41 | 0.020 | 0.361 | 0.054 | 0.280 | 0.60 | 0.50 | 1.07 | 19.26 | 19.63 | 5.94 | 5.72 | 13.32 | 13.91 | |
| 11 | | | 0.37 | 10.07 | 138.4 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0052 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0783 | SI | 0.300 | 0.0770 | 2.13 | 0.014 | 0.319 | 0.045 | 0.262 | 0.96 | 0.70 | 2.29 | 19.63 | 18.96 | 5.72 | 5.00 | 13.91 | 13.96 | |
| 12.1 | | | 0.15 | 0.15 | 91.3 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0548 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2573 | SI | 0.300 | 0.0059 | 0.56 | 0.000 | 0.084 | 0.004 | 0.083 | 2.27 | 0.45 | 2.10 | 18.07 | 18.30 | 17.00 | 12.00 | 1.07 | 6.30 | |

| PRE-DISEÑO DE COLECTORES DE COMUNA ENGABAO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|----------|--------|-------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------|---|--------------------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------|---------|--------------------------------------|-------|
| ALTERNATIVA 2-PLANTEAMIENTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL CON TUBERÍAS DE HORMIGÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS BASICOS (S original) | | | | | DISEÑO DE COLECTORES | | | | | | | | | | | | | | | | | COTA TERRENO | | COTA PROYECTO | | CORTE | | | | | | | |
| Rugosidad n: | X | Y | 0.013 | CAUDAL DISEÑO (L/s) | LONGITUD (m) | PREDISEÑO | | | | | | | | | | | VALORES PARA VERIFICACION DE RESULTADOS | | | | | | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | AGUAS ARRIBA | AGUAS ABAJO | | | | | |
| SIMBOLOGIA | | | CAUDAL DISEÑO (L/s) | CAUDAL DISEÑO ACUMULADO (Qd) | %D (Asumido) | v Viscosidad Cinemática a 20°C | Ks Rugosidad Absoluta (HORMIGÓN) | S (Asumido) | D (Asumido) | Yni = %D | θ | A | Pm Perimetro Mojado | R _h | Q | Q > Qd? | D (definitivo) | Y _n Calculado | θ Calculado | A (definitivo) | Pm (definitivo) | R _h (definitivo) | | | | | | | T | Fr | V (Q/A) | T (esfuerzo cortante - AUTOLIMPIEZA) | |
| | | | | | % | (m ² /s) | (m) | % | m | m | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | (m ³ /s) | Si/No | (m) | (m) | (rad) | (m ²) | (m) | (m) | (m) | | m/s | Pa | | | | | | | |
| 12.2 | | | 0.11 | 0.26 | 120.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0331 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1996 | SI | 0.300 | 0.0086 | 0.68 | 0.001 | 0.102 | 0.006 | 0.100 | 1.87 | 0.45 | 1.84 | 18.30 | 18.66 | 12.00 | 8.00 | 6.30 | 10.66 |
| 12.3 | | | 0.33 | 0.59 | 44.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0178 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1462 | SI | 0.300 | 0.0146 | 0.89 | 0.001 | 0.134 | 0.010 | 0.129 | 1.48 | 0.46 | 1.67 | 18.66 | 19.00 | 8.00 | 7.20 | 10.66 | 11.80 |
| 12.4 | | | 0.19 | 0.78 | 76.1 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0138 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1285 | SI | 0.300 | 0.0177 | 0.98 | 0.002 | 0.147 | 0.012 | 0.142 | 1.34 | 0.46 | 1.56 | 19.00 | 19.91 | 7.20 | 6.15 | 11.80 | 12.76 |
| 12.5 | | | 0.16 | 0.94 | 39.4 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0114 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1168 | SI | 0.300 | 0.0202 | 1.05 | 0.002 | 0.158 | 0.013 | 0.150 | 1.25 | 0.46 | 1.46 | 18.91 | 19.17 | 6.15 | 5.70 | 12.76 | 13.47 |
| 12.6 | | | 0.19 | 1.13 | 72.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0096 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1071 | SI | 0.300 | 0.0230 | 1.12 | 0.002 | 0.168 | 0.015 | 0.160 | 1.16 | 0.45 | 1.40 | 19.17 | 18.96 | 5.70 | 5.00 | 13.47 | 13.96 |
| 12 | | | 0.18 | 1.138 | 64.3 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0233 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1675 | SI | 0.300 | 0.0563 | 1.79 | 0.009 | 0.269 | 0.034 | 0.234 | 2.00 | 1.24 | 7.82 | 18.96 | 18.76 | 5.00 | 3.50 | 13.96 | 15.26 |
| 13.1 | | | 0.22 | 0.22 | 139.7 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0394 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2179 | SI | 0.300 | 0.0076 | 0.64 | 0.000 | 0.096 | 0.005 | 0.094 | 2.00 | 0.45 | 1.93 | 17.04 | 17.64 | 16.00 | 10.50 | 1.04 | 7.14 |
| 13.2 | | | 0.15 | 0.37 | 81.4 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0246 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1719 | SI | 0.300 | 0.0109 | 0.92 | 0.011 | 0.115 | 0.007 | 0.112 | 1.67 | 0.45 | 1.72 | 17.04 | 18.01 | 10.50 | 8.50 | 7.14 | 9.80 |
| 13.3 | | | 0.27 | 0.64 | 108.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0157 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1369 | SI | 0.300 | 0.0157 | 0.97 | 0.001 | 0.138 | 0.010 | 0.133 | 1.41 | 0.45 | 1.56 | 18.30 | 18.01 | 8.50 | 6.80 | 9.80 | 11.21 |
| 13.4.1 | | | 0.23 | 0.23 | 138.4 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0368 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2108 | SI | 0.300 | 0.0080 | 0.66 | 0.001 | 0.098 | 0.005 | 0.097 | 1.95 | 0.45 | 1.90 | 16.52 | 16.70 | 15.50 | 10.40 | 1.02 | 6.30 |
| 13.4.2 | | | 0.25 | 0.48 | 91.3 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0394 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2181 | SI | 0.300 | 0.0110 | 0.77 | 0.001 | 0.116 | 0.007 | 0.113 | 2.12 | 0.57 | 2.79 | 16.70 | 18.01 | 10.40 | 6.80 | 6.30 | 11.21 |
| 13.4 | | | 0.26 | 1.37 | 120.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0083 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0991 | SI | 0.300 | 0.0261 | 1.20 | 0.003 | 0.180 | 0.017 | 0.169 | 1.10 | 0.46 | 1.35 | 18.01 | 18.52 | 6.80 | 5.80 | 11.21 | 12.72 |
| 13.5 | | | 0.27 | 1.64 | 44.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0067 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0890 | SI | 0.300 | 0.0299 | 1.29 | 0.004 | 0.193 | 0.019 | 0.180 | 1.00 | 0.45 | 1.25 | 18.52 | 19.08 | 5.80 | 5.50 | 12.72 | 13.58 |
| 13.6 | | | 0.18 | 1.82 | 76.1 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0066 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0882 | SI | 0.300 | 0.0316 | 1.32 | 0.004 | 0.198 | 0.020 | 0.184 | 1.00 | 0.46 | 1.29 | 19.08 | 18.96 | 5.50 | 5.00 | 13.58 | 13.96 |
| 13.7 | | | 0.24 | 2.07 | 39.4 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0058 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0831 | SI | 0.300 | 0.0345 | 1.38 | 0.005 | 0.208 | 0.022 | 0.191 | 0.95 | 0.46 | 1.25 | 18.96 | 19.48 | 5.00 | 4.77 | 13.96 | 14.71 |
| 13.8 | | | 0.09 | 2.15 | 72.6 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0058 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0827 | SI | 0.300 | 0.0353 | 1.40 | 0.005 | 0.210 | 0.022 | 0.193 | 0.95 | 0.46 | 1.26 | 19.48 | 18.82 | 4.77 | 4.35 | 14.71 | 14.47 |
| 13.9 | | | 0.23 | 2.38 | 64.3 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0048 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0754 | SI | 0.300 | 0.0387 | 1.47 | 0.005 | 0.220 | 0.024 | 0.201 | 0.88 | 0.45 | 1.14 | 18.82 | 18.63 | 4.35 | 4.04 | 14.47 | 14.59 |
| 13.10.1 | | | 0.06 | 16.49 | 52.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0210 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1586 | SI | 0.300 | 0.0174 | 0.97 | 0.002 | 0.146 | 0.011 | 0.140 | 29.63 | 10.04 | 2.31 | 17.81 | 18.49 | 16.79 | 15.70 | 1.02 | 2.79 |
| 13.10.2 | | | 0.33 | 16.82 | 117.8 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0093 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1054 | SI | 0.300 | 0.0242 | 1.15 | 0.003 | 0.173 | 0.016 | 0.164 | 15.59 | 6.26 | 1.42 | 18.49 | 18.36 | 15.70 | 14.60 | 2.79 | 3.76 |
| 13.10.3 | | | 0.34 | 17.16 | 82.9 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0097 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1072 | SI | 0.300 | 0.0270 | 1.22 | 0.003 | 0.183 | 0.017 | 0.172 | 12.89 | 5.46 | 1.63 | 18.36 | 18.66 | 14.60 | 13.80 | 3.76 | 4.86 |
| 13.10.4 | | | 0.40 | 17.55 | 57.7 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.1693 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.4535 | SI | 0.300 | 0.0152 | 0.91 | 0.001 | 0.136 | 0.010 | 0.132 | 40.86 | 12.96 | 16.46 | 18.66 | 18.63 | 13.80 | 4.04 | 4.86 | 14.59 |
| 13.10 | | | 0.16 | 20.10 | 79.7 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0030 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0593 | SI | 0.300 | 0.0592 | 1.84 | 0.010 | 0.276 | 0.036 | 0.239 | 3.20 | 2.03 | 1.05 | 18.63 | 18.80 | 4.04 | 3.80 | 14.59 | 15.00 |
| 13.11 | | | 0.17 | 20.27 | 80.5 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0037 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0661 | SI | 0.300 | 0.0572 | 1.81 | 0.009 | 0.271 | 0.035 | 0.236 | 3.45 | 2.16 | 1.27 | 18.80 | 18.76 | 3.80 | 3.50 | 15.00 | 15.26 |
| 13 | | | 0.16 | 31.81 | 100.3 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0020 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.0480 | SI | 0.300 | 0.1274 | 2.84 | 0.029 | 0.426 | 0.067 | 0.297 | 1.14 | 1.11 | 1.31 | 18.76 | 18.76 | 3.50 | 3.30 | 15.26 | 15.46 |
| X1 | | | 0.19 | 0.19 | 69.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0349 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.2052 | SI | 0.300 | 0.0089 | 0.69 | 0.001 | 0.104 | 0.006 | 0.102 | 1.31 | 0.32 | 2.01 | 11.53 | 9.54 | 9.68 | 7.27 | 1.85 | 2.27 |
| X1' | | | 16.24 | 16.24 | 62.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0277 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1827 | SI | 0.300 | 0.0107 | 0.76 | 0.001 | 0.114 | 0.007 | 0.111 | 76.34 | 20.27 | 1.91 | 10.79 | 9.54 | 8.99 | 7.27 | 1.80 | 2.27 |
| X | | | 0.00 | 16.43 | 14.0 | 75% | 1.0040E-06 | 3.0000E-04 | 0.0331 | 0.3000 | 0.2250 | 4.19 | 0.057 | 0.63 | 0.091 | 0.1998 | SI | 0.300 | 0.0151 | 0.90 | 0.001 | 0.136 | 0.010 | 0.131 | 39.11 | 12.34 | 3.19 | 9.54 | 8.67 | 7.27 | 6.81 | 2.27 | 1.86 |

El caudal total fue de 16.24 l/s, se cumplen las velocidades y las pendientes en los rangos establecidos, los tirantes en algunos tramos no pudieron ser cumplidos, pero no afecta los cálculos, lo que genera un diseño óptimo para la alternativa 2 según lo que éste debe cumplir, pero debido a que los cortes son muy grandes, el presupuesto saldrá no muy de sistema de alcantarillado para la comuna de Engabao.

4.6 SISTEMA DE BOMBEO

4.6.1 Línea de Impulsión

Para el cálculo de la línea de impulsión que va desde la estación de bombeo hasta la cámara de inspección 13.10.1 se plantearon dos escenarios; como el caudal de diseño que recoge el pozo es de 0.85 l/s y la velocidad recomendada de diseño debe ser de 1.5 m/s (NTD-IA-001_V-003, 2013), según la fórmula:

$$v = \frac{Q}{1000A} \quad \text{[Ecuación 59]}$$

Despejando el área, para obtener el diámetro inicial de la tubería:

$$A = \frac{Q}{1000V}$$

$$A = \frac{3.1416 * D^2}{4}$$

En donde $d = 27$ mm, y según el catálogo de 'Plastigama' para tuberías de presión de PVC (U), los dos escenarios escogidos

- ✓ Caso 1: $D = 32$ mm, $D_{int} = 29.4$ mm
- ✓ Caso 2: $D = 40$ mm, $D_{int} = 37.4$ mm

Mediante la fórmula de $Q_{dis} = V * A$, el área se calcula con el diámetro interior de la tubería, se despeja la velocidad y se comprueba si es menor que la recomendada inicialmente.

- ✓ Para el caso 1: $V_{dis} = 1.26$ m/s
- ✓ Para el caso 2: $V_{dis} = 0.78$ m/s

Como en los dos casos la velocidad es menor que 1.5 m/s, se calcula nuevamente el caudal con la misma fórmula, pero usando la velocidad recomendada:

- ✓ Caso 1: $Q_{32} = 1.02$ l/s $>$ Q_{dis}
- ✓ Caso 2: $Q_{40} = 1.65$ l/s $>$ Q_{dis}

Caso 1:

| COMPROBACION FINAL | | | | | |
|--------------------|------|-----|---|------|----------|
| D32mm = | 1.02 | L/S | > | 0.85 | L/S (OK) |
| V32mm= | 1.26 | m/s | < | 1.50 | m/s (OK) |

Caso 2:

| COMPROBACION FINAL | | | | | |
|--------------------|------|-----|---|------|----------|
| D40mm = | 1.65 | L/S | > | 0.85 | L/S (OK) |
| V40mm= | 0.78 | m/s | < | 1.50 | m/s (OK) |

4.6.2 Diseño del Cárcamo

Para el diseño del cárcamo se estimó que la bomba sería menor a 20 HP, por la pequeña cantidad de caudal, entonces según Metcalf & Eddy para bombas con potencias menores a 20 HP, el tiempo de retención (t) es de 10 minutos.

Para obtener el volumen del cárcamo:

$$V = Q_{dis} * t / 4 \quad \text{[Ecuación 62]}$$

$$V = 0.9 * 10 / 4$$

$$V = 0.13 \text{ m}^3$$

Se propone el siguiente diseño de cárcamo:

Longitud = 1m

Ancho = 1m

Altura = 0.46m

Volumen cárcamo = 0.46 m

4.6.3 Verificación de Líneas de conducción de bombeo actual

$Q_{dis} = 0.85 \text{ l/s}$

Longitud tubería = 212.76 m

Longitud + 5% = 223.40 m

Según el catálogo previamente mencionado se obtiene los siguientes valores:

| PVC | | | | |
|-------------|-------------|------------|------------------|----------------|
| Dn | Di | Hf | velocidad | e pared |
| (mm) | (mm) | (m) | (m/s) | (mm) |
| 32.00 | 29.40 | 15.01 | 1.26 | 1.30 |
| 40.00 | 37.40 | 4.65 | 0.78 | 1.50 |

| | 32mm | 40mm |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Cota bombeo: | 6.81 | 6.81 |
| Cota Pozo: | 16.77 | 16.77 |
| Altura estática: | 9.96 | 9.96 |
| Pérdidas impulsión: | 15.01 | 4.65 |
| Pérdidas menores 10%: | 1.50 | 0.46 |
| TDH = | 26.47 | 15.07 |

La pérdida total dinámica para:

✓ Caso 1: TDH32 = 26.47

✓ Caso 2: TDH40 = 15.07

Considerando el diseño del Sistema a 20 años, la potencia se la calculará con la fórmula:

$$P = Qb * \frac{TDH}{\frac{75}{n}} \quad \text{[Ecuación 65]}$$

✓ Caso 1: P32 = 0.43 HP

✓ Caso 2: P40 = 0.25 HP

Redondeando para la adquisición de potencias comerciales, se determinó que se escogerá potencias de 1HP.

Finalmente, se usarán tuberías de 40 mm y dos bombas de 1HP (una de relevo) con TDH = 15.04.

4.6.4 Verificación de líneas de conducción de bombeo actual

- **Tiempo de Cierre de válvulas**

Se debe cumplir que: $T \leq 2L / a$

$$a = \frac{1440}{\left(1 + C_i * \left(\frac{K * D}{E * e}\right)\right)^{\frac{1}{2}}} \quad [\text{Ecuación 68}]$$

Donde:

| | | |
|------|---|----------|
| T = | Tiempo de cierre en segundos | |
| L = | Longitud de la tubería en m | 223.4 |
| a = | Velocidad de propagación de la onda en m/s | |
| K = | Módulo de elasticidad del agua en MN/m ² | 2,070.00 |
| D = | Diámetro interior del tubo en mm. | 37.40 |
| E = | Módulo de elasticidad del tubo en MN/m ² PVC | 2,800.00 |
| e = | Espesor de las paredes del tubo en mm | 1.50 |
| Ci = | Tuberías con junta de expansión | 1.00 |

$$a = 326.66 \text{ m/s}$$

$$T = 1.37 \text{ s}$$

El tiempo adoptado será de 1.40 s (mitad de cierre).

- **Golpe de ariete**

Se calcula la sobrepresión:

$$h = \frac{2LV}{gT} \quad [\text{Ecuación 71}]$$

Donde:

h = Sobrepresión por golpe de ariete (mca)

V = Velocidad del agua en la tubería (m/s)

g = Aceleración de la gravedad en m/s²

$$h = \frac{2 * 223.4 * 1.26}{9.81 * 1.40}$$

$$h = 40.96 \text{ mca}$$

Presión total de la tubería = 50.92 m

Presión de la tubería = 80 m = 0.8 MPa

La presión total es menor a la presión de la tubería, por lo que no sufre el fenómeno de golpe de ariete.

4.7 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES: Lagunas de Oxidación

4.7.1 Tratamiento Preliminar

Se deben de tomar acciones para reducir la concentración de aceites y grasas presentes en el agua residual a tratar para así evitar problemas en el funcionamiento eficiente de la planta en este caso laguna de oxidación, entre las propuestas:

- Colocar mallas mesh, como filtros en cada una de las viviendas en los lavaplatos y lavamanos.
- Instalación de trampas de grasas para separar los aceites y grasas generadas.

- Separación de las fuentes, recolectar las grasas y entregarlas a un gestor calificado.

4.7.2 Dimensionamiento de la Rejilla

- **Calculo del área de la Rejilla**

Teniendo en cuenta que la rejilla tendrá una limpieza manual, la velocidad de aproximación a la misma es de 0.6 m/s, de acuerdo a la Tabla XIX.

Tabla XIX.- Características Generales de las Rejillas

| Características | Limpieza manual | Limpieza mecánica |
|---|-----------------|-------------------|
| Ancho de las barras | 0.5 - 1.5 cm | 0.5 - 1.5 cm |
| Profundidad de las barras | 2.5 - 7.5 cm | 2.5 - 7.5 cm |
| Abertura o espaciamiento | 2.5 - 5 cm | 1.5 - 7.5 cm |
| Pendiente o inclinación con la vertical | 30 - 45° | 0 - 30° |
| Velocidad de aproximación | 0.3 - 0.6 m/s | 0.6 - 1.0 m/s |

Fuente: Jairo Romero, 2008.

A partir de lo anterior se calcula el área de la rejilla, considerando el caudal de diseño.

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0.01735 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.0289 \text{ m}^2 = 289.17 \text{ cm}^2$$

El área de diseño es de 290 cm^2

- **Cálculo de la altura**

Se asume el ancho del canal de 0.30 m, se determina la altura del mismo:

$$h = \frac{290 \text{ cm}^2}{65 \text{ cm}}$$

$$h = 9.67 \text{ cm}$$

Para el cálculo de la altura total se considera una altura de seguridad de 30 cm.

$$H = h + h_{FS} \quad [\text{Ecuación 74}]$$

$$H = 9.67 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 39.67 \text{ cm}$$

Para la construcción se considera una altura de 35 cm

- **Cálculo de la longitud de barras**

Considerando un ángulo de inclinación de 45° , tiene:

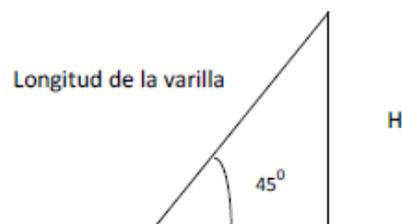


Figura 18. Inclinación de la varilla
Fuente: Elaboración propia

$$L = \frac{H}{\sin 45^\circ} \quad [\text{Ecuación 77}]$$

$$L = \frac{0.35 \text{ m}}{\sin 45^\circ} = 0.495 \text{ m}$$

- **Cálculo de la suma de separación entre barras**

De acuerdo a la TABLA se establece que el ancho de las barras (s) es de 1 cm y espaciamiento (e) entre las mismas es de 3 cm, entonces:

$$bg = \left(\frac{b - e}{s + e} + 1 \right) e \quad [\text{Ecuación 80}]$$

$$bg = \left(\frac{30 - 3}{1 + 3} + 1 \right) 3 = 23.25 \text{ cm}$$

- **Cálculo del número de barras**

$$n = \frac{bg}{e} - 1 \quad [\text{Ecuación 83}]$$

$$n = \frac{49.50}{3} - 1$$

$$n = 6.75$$

Se requerirán 7 barras.

- **Cálculo de la pérdida de carga en las barras**

$$h_f = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \sin 45^\circ \quad [\text{Ecuación 86}]$$

$$h_f = 1.79 \left(\frac{0.03}{0.01} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{0.6^2}{2 \times 9.8} \right) \sin 45^\circ$$

$$h_f = 0.1004 \text{ m}$$

Tabla XX.- Resumen de las dimensiones de la Rejilla

| Características | Dimensiones |
|---------------------------|---------------------|
| Área de la Rejilla | 290 cm ² |
| Altura del Canal | 0.35 m |
| Ancho del Canal | 30 cm |
| Longitud de las Barras | 0.50 m |
| Inclinación de la rejilla | 45 ° |
| Número de Barras | 7 |
| Separación de las barras | 3 cm |
| Ancho de las Barras | 1 cm |

4.7.3 Diseño de Laguna Facultativa

- **Cálculo de Carga de Diseño**

Donde se debe de considerar la temperatura media anual del sector de Engabao, la cual es de 25 °C.

$$C_s = 250(1.085)^{T-20} \quad [\text{Ecuación 89}]$$

$$C_s = 250(1.085)^{25-20}$$

$$C_s = 0.03759 \text{ kg/m}^2 \text{ dia}$$

- **Cálculo del área de la laguna facultativa**

Para determinar el área de la laguna, se toma en consideración una concentración de DBO de una composición típica de aguas Residuales, teniendo un valor de 220 mg/L.

$$A = \frac{S_I Q}{C_S} \quad \text{[Ecuación 92]}$$

$$A = \frac{220 \text{ g/m}^3 \times 1499.33 \text{ m}^3/\text{dia}}{37.59 \text{ g/m}^2 \text{ dia}}$$

$$A = 8775 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del Volumen**

Para el cálculo del volumen se asume una profundidad de 1.8 m

$$V = A \times h \quad \text{[Ecuación 95]}$$

$$V = 8775 \times 1.80 \text{ m}$$

$$V = 15795 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de largo y ancho**

Se toma una relación largo/ancho de 2, entonces se tiene que:

$$L = 2a \quad \text{[Ecuación 98]}$$

$$V = (2a^2) \times h$$

$$a = \sqrt{\frac{V}{2h}}$$

$$a = \sqrt{\frac{15795}{2 \times 1.80}}$$

$$a = 66.24$$

$$L = 2 \times 66.24 \text{ m}$$

$$L = 132.48$$

Por facilidad constructiva se toma un ancho de 65 m y un largo de 135 m.

- **Cálculo de tiempo de retención**

Para determinar el tiempo de retención hay que tener en cuenta la precipitación media anual del sector de Engabao, el cual es de 180 mm/m².

$$t = \frac{2Ah}{2Q - 0.001Ae} \quad \text{[Ecuación 101]}$$

$$t = \frac{2 \times 8775 \times 1.80}{2 \times 1499.33 - 0.001 \times 8775 \times 0.18}$$

$$t = 10.55 \text{ días}$$

- **Remoción de coliformes fecales**

$$C_{fc} = \frac{C_{fa}}{1 + k_{fc} * t} \quad \text{[Ecuación 104]}$$

Donde la constante k_{fc} , dependerá de la temperatura media anual de la zona de Engabao que es de 25°C, y C_{fa} se tomará de la carga promedio de los ARD en el área rural la cual es de 10^8 NMP/100 ml.

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{T-20} \quad \text{[Ecuación 107]}$$

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{25-20}$$

$$k_{fc} = 1.18/\text{dia}$$

$$C_{fc} = \frac{10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}}{1 + 1.18 \times 10.55}$$

$$C_{fc} = 0.074 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

- **Remoción de DBO**

$$S = \frac{S_o}{1 + k_T t} \quad \text{[Ecuación 110]}$$

Donde la constante k_T , se la calcula a partir de la temperatura media anual de la zona de Engabao de 25°C y una concentración de DBO de una composición típica de aguas Residuales, teniendo un valor de 220 mg/L.

$$k_T = 0.28 (1.029)^{T-20} \quad [\text{Ecuación 113}]$$

$$k_T = 0.28 (1.029)^{25-20}$$

$$k_T = 0.323/\text{dia}$$

$$S = \frac{220}{1 + 0.323 \times 10.55}$$

$$S = 49.91 \text{ mg } O_2/L$$

Tabla XXI.- Resumen de las características de la Laguna Facultativa

| Características | Dimensiones |
|--------------------------------|--|
| Carga de Diseño | 0.03759 kg/m ² día |
| Área de la Laguna | 8775 m ² |
| Volumen de la laguna | 15795 m ³ |
| Altura | 1.80 m |
| Largo | 135 m |
| Ancho | 65 m |
| Talud de la laguna | 2:1 |
| Tiempo de Retención | 10.55 días |
| Remoción de Coliformes Fecales | 0.074 × 10 ⁸ NMP /100 ml |
| Concentración DBO remanente | 49.91 mg O ₂ /L |

4.7.4 Diseño de Laguna de Maduración 1

- **Cálculo del área de la laguna de maduración**

Para determinar el área de la laguna, se toma en consideración una concentración de DBO remanente de la laguna facultativa, teniendo un valor de 49.91 mg/L, además una carga de diseño de 18.48 g/m^2 día.

$$A = \frac{S_I Q}{C_S}$$

$$A = \frac{49.91 \text{ g}/m^3 \times 1499.33 \text{ m}^3/\text{dia}}{18.48 \text{ g}/m^2 \text{ dia}}$$

$$A = 4049.33 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del Volumen**

Para el cálculo del volumen se asume una profundidad de 1.3 m

$$V = A \times h$$

$$V = 4049.33 \times 1.30 \text{ m}$$

$$V = 5264.12 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de largo y ancho**

Se toma una relación largo/ancho de 2, entonces se tiene que:

$$L = 2a$$

$$V = (2a^2) \times h$$

$$a = \sqrt{\frac{V}{2h}}$$

$$a = \sqrt{\frac{5264.12}{2 \times 1.30}}$$

$$a = 44.99 \text{ m}$$

$$L = 2 \times 44.99 \text{ m}$$

$$L = 89.99 \text{ m}$$

Por facilidad constructiva se toma un ancho de 45 m y un largo de 90 m.

- **Cálculo de tiempo de retención**

Para determinar el tiempo de retención hay que tener en cuenta la precipitación media anual del sector de Engabao, el cual es de 180 mm/m²

$$t = \frac{2Ah}{2Q - 0.001Ae}$$

$$t = \frac{2 \times 4049.33 \times 1.30}{2 \times 1499.33 - 0.001 \times 4049.33 \times 0.18}$$

$$t = 3.51 \text{ días}$$

- **Remoción de coliformes fecales**

$$C_{fc} = \frac{C_{fa}}{1 + k_{fc} * t}$$

Donde la constante K_{fc} dependerá de la temperatura media anual de la zona de Engabao que es de 25°C, y C_{fa} se tomará de la carga promedio de los ARD en el área rural la cual es de $0.926 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$, luego de la primera laguna facultativa.

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{T-20}$$

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{25-20}$$

$$k_{fc} = 1.18/\text{dia}$$

$$C_{fc} = \frac{0.926 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}}{1 + 1.18 \times 3.51}$$

$$C_{fc} = 0.18 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

- **Remoción de DBO**

$$S = \frac{S_0}{1 + k_T t}$$

Donde la constante k_T , se la calcula a partir de la temperatura media anual de la zona de Engabao de 25°C y una concentración de DBO de una composición típica de aguas Residuales, teniendo un valor de 220 mg/L.

$$k_T = 0.28 (1.029)^{T-20}$$

$$k_T = 0.28 (1.029)^{25-20}$$

$$k_T = 0.323/dia$$

$$S = \frac{49.91}{1 + 0.323 \times 3.51}$$

$$S = 23.40 \text{ mg } O_2/L$$

Tabla XXII.- Resumen de las características de la Laguna de Maduración 1

| Características | Dimensiones |
|--------------------------------|--|
| Carga de Diseño | 0.01848 $kg/m^2 \text{ dia}$ |
| Área de la Laguna | 4049.33 m^2 |
| Volumen de la laguna | 5264.12 m^3 |
| Altura | 1.30 m |
| Largo | 90 m |
| Ancho | 45 m |
| Talud de la laguna | 2:1 |
| Tiempo de Retención | 3.51 <i>dias</i> |
| Remoción de Coliformes Fecales | 0.18 $\times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$ |
| Concentración DBO remanente | 23.40 $mg O_2/L$ |

4.7.5 Diseño de Laguna de Maduración 2

- **Cálculo del área de la laguna de maduración**

Se tomara el área anterior ya que las lagunas de maduración trabajan como un sistema en serie, siendo el área de 4050 m². Donde el ancho es de 45 m y el largo es de 90 m.

- **Cálculo de tiempo de retención**

Para determinar el tiempo de retención hay que tener en cuenta la precipitación media anual del sector de Engabao, el cual es de 180 mm/m².

$$t = \frac{2Ah}{2Q - 0.001Ae}$$

$$t = \frac{2 \times 4049.33 \times 1.30}{2 \times 1499.33 - 0.001 \times 4049.33 \times 0.18}$$

$$t = 3.51 \text{ dias}$$

- **Remoción de coliformes fecales**

$$C_{fc} = \frac{C_{fa}}{1 + k_{fc} * t}$$

Donde la constante k_{fc} , dependerá de la temperatura media anual de la zona de Engabao que es de 25°C , y C_{fa} se tomara la carga promedio de los ARD en el área rural la cual es de $0.78 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$, luego del proceso de la laguna de maduración 1.

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{T-20}$$

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{25-20}$$

$$k_{fc} = 1.18/\text{dia}$$

$$C_{fc} = \frac{0.78 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}}{1 + 1.18 \times 3.51}$$

$$C_{fc} = 0.15 \times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

- **Remoción de DBO**

$$S = \frac{S_0}{1 + k_T t}$$

Donde la constante k_T , se la calcula a partir de la temperatura media anual de la zona de Engabao de 25°C y una concentración de DBO de una composición típica de aguas Residuales, teniendo un valor de 220 mg/L .

$$k_T = 0.28 (1.029)^{T-20}$$

$$k_T = 0.28 (1.029)^{25-20}$$

$$k_T = 0.323/\text{dia}$$

$$S = \frac{23.40}{1 + 0.323 \times 3.51}$$

$$S = 10.97 \text{ mg } O_2/L$$

Tabla XXIII.- Resumen de las características de la Laguna de Maduración 2

| Características | Dimensiones |
|--------------------------------|--|
| Carga de Diseño | 0.01848 $kg/m^2 \text{ dia}$ |
| Área de la Laguna | 4049.33 m^2 |
| Volumen de la laguna | 5264.12 m^3 |
| Altura | 1.30 m |
| Largo | 90 m |
| Ancho | 45 m |
| Talud de la laguna | 2:1 |
| Tiempo de Retención | 3.51 <i>dias</i> |
| Remoción de Coliformes Fecales | 0.15 $\times 10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$ |
| Concentración DBO remanente | 10.97 $mg O_2/L$ |

4.8 DISEÑO DE SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS SUPERFICIAL

La comunidad de Engabao carece de vías urbanas en buen estado así como de correcta señalización y diseño, por lo que su desarrollo socio-económico se ve afectado en gran magnitud. Se plantea un sistema de

aguas lluvias superficial de manera que su escurrimiento se dé bajo la influencia de la gravedad a partir de las pendientes de la calles y de esta manera desemboque en un canal para que luego el agua lluvia se una a un cuerpo de agua ya sea el río Engabao o el océano pacífico.

4.8.1 Diseño de la estructura del Pavimento

4.8.1.1 Estudio de Tráfico

Se realiza un conteo del tráfico, para de esta manera saber el volumen de tránsito que circula en la Zona de Engabao, el aforo se realizó en la calle con mayor circulación, la cual es la Av. 3 de Julio, en donde los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla XXIV.- Resumen de las características de la Laguna de Maduración 2

| Tipo de vehículo | DIAS | | | | | | |
|------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
| Livianos | 35 | 48 | 41 | 38 | 46 | 55 | 60 |
| Pesados | 10 | 15 | 13 | 12 | 12 | 17 | 9 |

Con los datos obtenidos en el aforo vehicular, se obtuvo una suma promedio, para luego calcular la cantidad de vehículos de diseño, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 4 livianos = 1 vehículo de diseño
- 1 pesado = 1 vehículo de diseño

| SUMA PROMEDIO | VEHICULO DE DISEÑO |
|---------------|--------------------|
| 46.14 | 11.55 |
| 12.57 | 12.57 |
| TOTAL | 24.1 |

4.8.2 Tráfico

4.8.2.1 Promedio Diario Anual

- **Cálculo De Tráfico Promedio Diario Anual TPDA**

| | |
|--------------------------------|------|
| TRÁFICO ACTUAL (TA) | 24.1 |
| TASA DE CRECIMIENTO (I) | 0.05 |
| VIDA ÚTIL EN AÑOS (N) | 20 |

Se tomara una vida útil de 20 años para las calles de la comunidad de Engabao, teniendo en cuenta una tasa de

crecimiento de 5%, y el tráfico actual obtenido con el aforo vehicular ya mencionado.

- **Cálculo de tráfico Proyectado**

$$T_p = T_a(1 + i)^n \quad \text{[Ecuación 116]}$$

$$T_p = 24.1(1 + 0.05)^{20}$$

$$T_p = 63.94 \text{ vehiculos}$$

- **Calculo de tráfico desviado**

$$T_d = 0.2(T_p) \quad \text{[Ecuación 119]}$$

$$T_d = 0.2(63.94)$$

$$T_d = 12.79 \text{ vehiculos}$$

- **Cálculo de tráfico generado**

$$T_G = 0.25(T_p) \quad \text{[Ecuación 122]}$$

$$T_G = 0.25(63.94)$$

$$T_G = 15.99 \text{ vehiculos}$$

- **Cálculo de TPDA**

$$TPDA = T_p + T_d + T_G \quad \text{[Ecuación 125]}$$

$$TPDA = 63.94 + 12.79 + 15.99$$

$$TPDA = 92.72 \text{ veh\u00edculos}$$

4.8.2.2 Par\u00e1metros de Dise\u00f1o

- **Tipo de Terreno**

La comunidad de Engabao posee un terreno considerado como plano, ya que posee poco movimiento de tierra y pendientes dentro del 5%, esta clasificaci\u00f3n es en base a la tabla.

| TIPO DE TERRENO | INCLINACION MAXIMA MEDIA DE LAS LINEAS DE MAXIMA PENDIENTE (%) | MOVIMIENTO DE TIERRAS |
|-------------------|--|--|
| Plano(P) | 0 - 5 | M\u00ednimo movimiento de tierras, por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la explanaci\u00f3n de una carretera. Las pendientes longitudinales de una v\u00eda son cercanas al 0%. |
| Ondulado(O) | 5 - 25 | Moderado movimiento de tierras, que permite alineamientos m\u00e1s o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y explanaci\u00f3n de una carretera. |
| Monta\u00f1oso(M) | 25 - 75 | Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las m\u00e1ximas que se puedan presentar en una direcci\u00f3n dada. Hay dificultades en el trazado y explanaci\u00f3n de una carretera. |
| Escarpado(E) | >75 | M\u00e1ximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y explanaci\u00f3n, pues los alineamientos est\u00e1n pr\u00e1cticamente definidos por divisorias de aguas en el recorrido de una v\u00eda. |

Figura 19. Clasificaci\u00f3n de pendientes seg\u00fan el tipo de terreno. (Cardenas Grisales, 2002)

- **Clasificación de la carretera de acuerdo al tráfico**

Las vías dentro de la comunidad de Engabao son de quinto orden, de acuerdo al TPDA calculado anteriormente, como se puede observar de la TABLA del MTOP.

Tabla XXV.- Clasificación de carreteras según TPDA, (MTOP, 2013)

| CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO | |
|--|------------------------------------|
| Clase De Carretera | Trafico Proyectado TPDA |
| R-I o R-II | Más DE 8000 |
| I | De 3000 a 8000 |
| II | De 1000 a 3000 |
| III | De 300 a 1000 |
| IV | De 100 a 300 |
| V | menos de 100 |

De acuerdo al tipo de terreno ya mencionado y al tipo de vía, se determina la velocidad de diseño, según el MTOP, siendo está de acuerdo a la tabla XXV de 60 km/h.

Tabla XXVI.- Velocidades de Diseño en km/h, (MOP, 2003)

| TPDA | CLASE DE CARRETERA | VELOCIDAD DE DISEÑO | | | | | |
|----------------|--------------------|---------------------|----------|-----------|--------|----------|-----------|
| | | RECOMENDABLE | | | MINIMA | | |
| | | LLANO | ONDULADO | MONTAÑOSO | LLANO | ONDULADO | MONTAÑOSO |
| MAS DE 8000 | R-I o R-II | 120 | 110 | 90 | 110 | 90 | 80 |
| DE 3000 A 8000 | I | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 70 |
| DE 1000 A 3000 | II | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 |
| DE 300 A 1000 | III | 100 | 80 | 60 | 90 | 70 | 50 |
| DE 100 A 300 | IV | 90 | 70 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| MENOS DE 100 | V | 70 | 60 | 50 | 50 | 40 | 40 |

4.8.2.3 Diseño del pavimento Semirrígido

- **Calculo del módulo de reacción de la sub-rasante.**

El módulo de reacción de la sub-rasante (K) depende del CBR obtenido de la misma el cual es de 20, dando un K de 7, esto se lo obtuvo a partir del ábaco de la figura 20.

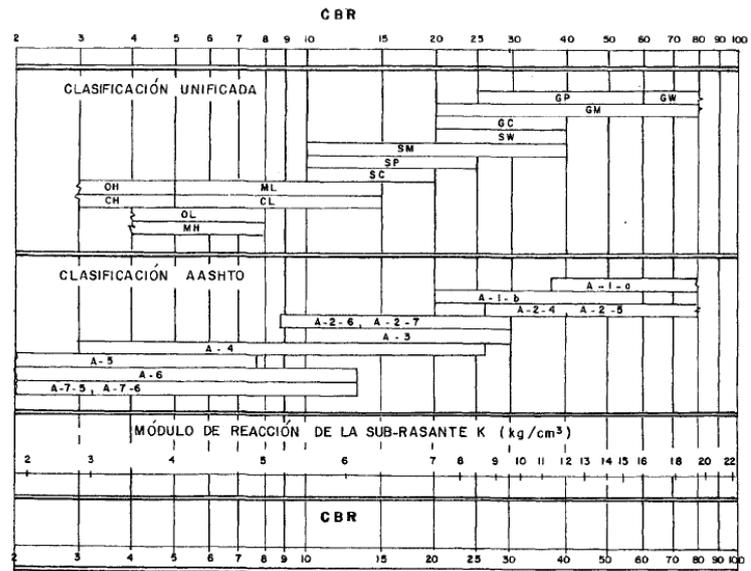


Figura 20. Módulo de reacción de la subrasante. (MTOPI, 2013)

- **Cálculo de fatiga**

Según la carga por eje máxima para obtenida en el TPDA, el valor de coeficiente de fatiga es de 186000 para un suelo cemento grueso- granular, de acuerdo a la figura 21.

| Tabla 5.49 Coeficiente de consumo de fatiga | | |
|--|-----------------|---------------|
| carga por eje (t) | Suelo-Cemento | Suelo-Cemento |
| Ejes simples | grueso-granular | fino-granular |
| 13,6 | 12.500.000 | 3.530 |
| 12,5 | 1.270.000 | 1.130 |
| 11,8 | 113.000 | 337 |
| 10,9 | 8.650 | 93 |
| 10,0 | 544 | 23.3 |
| 9,1 | 27 | 5.2 |
| 8,2 | 1,0000 | 1,0000 |
| 7,3 | 0,0250 | 0,1600 |
| 6,4 | 0,0004 | 0,0200 |
| 5,4 | | 0,0018 |
| Tandem | | |
| 22,7 | 12.500.000 | 3.530 |
| 21,8 | 3.210.000 | 1.790 |
| 20,8 | 792.000 | 890 |
| 20,0 | 186.000 | 431 |
| 19,0 | 41.400 | 203 |
| 18,1 | 8.650 | 93 |
| 17,2 | 1.690 | 41,1 |
| 16,3 | 305 | 17,5 |
| 15,4 | 50,4 | 7,1 |
| 14,5 | 7,5 | 2,74 |
| 13,6 | 1,0000 | 1,0000 |
| 12,5 | 0,1200 | 0,3410 |
| 11,8 | 0,0120 | 0,1070 |
| 10,9 | 0,0010 | 0,0310 |
| 10,0 | | 0,0081 |
| 9,1 | | 0,0018 |

Figura 21. Coeficiente de consumo de fatiga. (Montejo Fonseca, 2002)

- **Cálculo de Espesor suelo-cemento**

Mediante el ábaco de la figura 22, y los valores de coeficiente de fatiga y el módulo de reacción de la subrasante, se determina el espesor requerido del material suelo-cemento, siendo este de aproximadamente 15 cm.

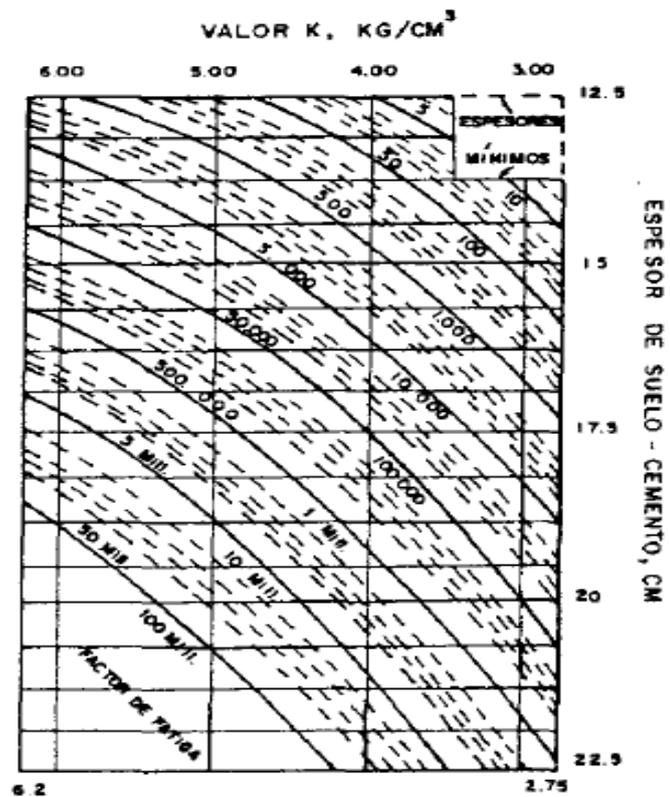


Figura 22. Gráfica para diseño de espesor de suelo-cemento grueso granular. (Montejo Fonseca, 2002)

A partir del espesor de la capa de suelo-cemento, se determina el espesor de la carpeta asfáltica, siendo este de 4 cm.

| Tabla 5.50 Espesores de carpeta asfáltica | | |
|--|---|--------------------------------------|
| Espesor del suelo - cemento (cm) | Espesor recomendado de carpeta (cm) | Espesor mínimo de carpeta (cm) |
| 12,5 - 15 | 2-4 | T.T.S.* |
| 17,5 | 4-5 | T.S.D.** |
| 20 | 4-6,5 | 2,5 |
| 22,5 | 5-7,5 | 5 |

* T.S.S.: Tratamiento superficial simple.
** T.S.D.: Tratamiento superficial doble.

Figura 23. Gráfica para diseño de espesor de suelo-cemento grueso granular. (Montejo Fonseca, 2002)

- **Cálculo de Espesores reducidos**

Los espesores finales requeridos en el diseño se los determina mediante el siguiente ábaco FIG, tomando como datos de entrada los espesores de las capas de suelo-cemento y carpeta asfáltica calculados anteriormente.

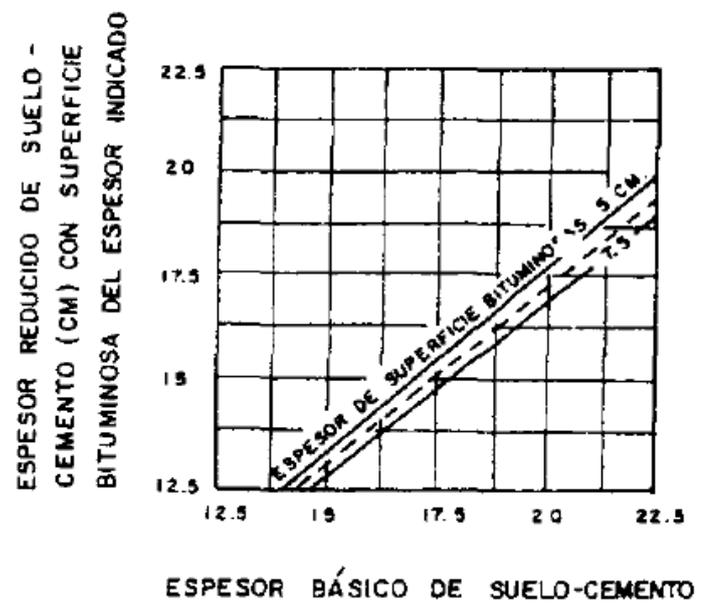


Figura 24. Reducción del espesor de suelo-cemento por la colocación de un revestimiento bituminoso. (Montejo Fonseca, 2002)

Los espesores definitivos del pavimento semirrígido son los siguientes:

| | |
|------------------------------|------|
| Espesor suelo-cemento | 15cm |
| E. Carpeta | 4cm |

4.8.2.4 Diseño Transversal

La sección transversal de las vías dependerá del tipo de terreno y del volumen del tráfico a circular, donde la sección transversal está formada por el ancho de calzada, espaldones y cunetas.

- **Ancho de Calzada**

El ancho de calzada depende del orden de la vía, y al ser esta de cuarto orden se recomienda un ancho mínimo de 4 m, de acuerdo a la tabla

**Tabla XXVII.- Anchos de calzada mínimos.
(MTO, 2013)**

| Clase de Carretera | Tráfico Proyectado TPDA | | | | Ancho de Pavimento (n) | |
|-----------------------|-------------------------|----|------|------|-------------------------|----------------|
| | | | | | Recomendable | Absoluto |
| R - I o R - II | Mas | de | 8000 | TPDA | 7,30 | 7,30 |
| I | 3000 | a | 8000 | TPDA | 7,30 | 7,30 |
| II | 1000 | a | 3000 | TPDA | 7,30 | 6,50 |
| III | 300 | a | 1000 | TPDA | 6,70 | 6,00 |
| IV | 100 | a | 300 | TPDA | 7,50 <u>1/</u> | 6,00 <u>1/</u> |
| V | Menos | de | 100 | TPDA | 7,50 <u>1/</u> | 4,00 <u>1/</u> |

El ancho de calzada tomado será de 6 m, ya que de esta manera se evita el cambio de viviendas por falta de espacio a los laterales de la vía, así como se tiene un ancho cómodo para el tránsito.

- **Espaldones**

Los espaldones son elementos de seguridad que se encuentra a los laterales de una vía de acceso, con la finalidad de proteger a la misma de efectos de la erosión así como para la detención de vehículos de emergencia. Sin embargo ya que estas vías son para uso urbano dentro de una comunidad, el uso de espaldones no se considera ya que hay presencia de bordillos y viviendas en ambos lados de la vía.

- **Cunetas Laterales**

Las cunetas van paralelas al eje de la vía, teniendo la misma pendiente longitudinal del camino, tiene como función recoger las aguas provenientes del escurrimiento superficial de la calzada.

La sección escogida será de forma triangular ya que es la de mayor facilidad constructiva, donde la misma trabajara como un sistema de drenaje superficial a partir de las pendientes de las vías.

Separando la población de Engabao en zonas, con el fin de que el agua de precipitación recolectada por las mismas sea dirigida a un tanque de almacenamiento, para luego la misma sea utilizada en el riego de plantas endémicas de la zona.

El diseño de la cuneta se lo realiza mediante el método racional que relaciona la intensidad de precipitación, el coeficiente de escorrentía y el área de drenaje.

Para este diseño las cunetas estarán revestidas de hormigón, que tiene un coeficiente de Manning de 0.013; además se proponen las siguientes dimensiones para la cuneta:

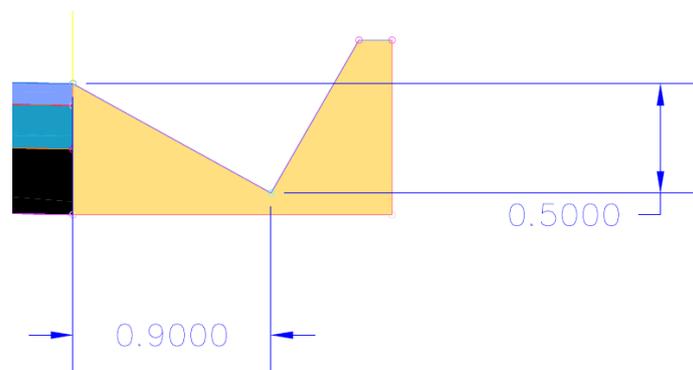


Figura 25. Diseño de cunetas.
Fuente: Elaboración Propia

Donde el área y el radio hidráulico son los siguientes:

$$A = \frac{0.9 \times 0.5}{2}$$

$$A = 0.225 \text{ m}^2$$

$$R_h = \frac{A}{P_M} \quad [\text{Ecuación 128}]$$

$$R_h = \frac{0.225}{1.57}$$

$$R_h = 0.144 \text{ m}$$

Para el cálculo hidráulico se utilizara la ecuación de Manning y la de la continuidad:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.016} 0.144^{2/3} S^{1/2}$$

Utilizando la ecuación de la continuidad, se determinara el caudal, el cual estará en función de la pendiente longitudinal de la vía:

$$Q = 3.86 S^{1/2} \quad [\text{Ecuación 131}]$$

Siendo los caudales encontrados con la expresión anterior, la capacidad que podrá soportar la sección de la cuneta.

Para la Av. Dolorosa, con una pendiente de 0,6%, se tiene un caudal de:

$$Q = 3.86 (0.006)^{1/2}$$

$$Q = 0.31 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar el caudal de escorrentía por zona se utilizara la expresión:

$$Q = CIA$$

Donde el coeficiente de escorrentía depende de las características morfológicas de la cuenca, tal como permeabilidad del suelo y pendientes, siendo el valor del mismo de 0,5.

Además la intensidad de precipitación está en función del periodo de retorno, la precipitación máxima y el tiempo de concentración, tomando una concentración máxima de la comunidad de Engabao de 180 mm/h.

$$I = \frac{4,14 T^{0,8} P_{max}}{t^{0,58}} \quad [\text{Ecuación 134}]$$

El tiempo de concentración dependerá de la longitud entre las alcantarillas, sin embargo al ser este un diseño de aguas lluvias superficiales, no habrá alcantarillas, sino que el caudal se ira acumulando en las calles de las cunetas hasta llegar al puno más bajo de cada zona y así de esta manera, el agua lluvia recogida será almacenada en una cisterna; por lo que las longitudes consideradas serán las de cada calle dentro de la zona.

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad [\text{Ecuación 140}]$$

$$H = L * i \quad [\text{Ecuación 137}]$$

En el caso de la Av. Dolorosa, la longitud del tramo a considerar en la zona 1 es de 191,64 m.

$$H = 191,64 * 0,006$$

$$H = 1,23 \text{ m}$$

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{191,64^3}{1,23} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 9,12$$

Con un periodo de retorno de 9,2 años, la intensidad será de:

$$I = \frac{4,14 T^{0,8} P_{max}}{t^{0,58}}$$

$$I = \frac{4,14(9,2)^{0,8} 180}{9,12^{0,58}}$$

$$I = 308,39 \text{ mm/h}$$

Finalmente el área de aportación de cada tramo de calle será toda la zona por la cual las aguas producto de las precipitaciones se escurran, convergiendo en un punto específico de la vía, calculándose con la siguiente expresión:

$$A = (\text{ancho de calzada} + \text{cuneta}) * L$$

[Ecuación 142]

Siendo el área de aportación de la Av. Dolorosa la siguiente, considerando el ancho de calzada de 3 m y las dimensiones de la cuneta las especificadas anteriormente:

$$A = (3 + 0,9) * 191,64$$

$$A = 747,39 \text{ m}^2 = 0,075 \text{ Ha}$$

$$Q = CIA$$

$$Q = \frac{0,5 \times 308,39 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 747,39 \text{ m}^2 \times 0,075}{360}$$

$$Q = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de precipitación de un tramo de la Av. Dolorosa es de $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual es menor al caudal admisible obtenido por manning:

$$Q_{\text{precipitacion}} < Q_{\text{manning}}$$

$$0,03 \text{ m}^3/\text{s} < 0,31 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{OK}$$

Siguiendo el procedimiento anterior se calcula el caudal de precipitación para cada tramo de las calles, y de acuerdo a las pendientes de las mismas se va escogiendo la ruta de escorrentía de cada zona, de esta manera acumulándose los caudales; sin embargo este caudal acumulado deberá de ser menor al caudal de manning que corresponde a la capacidad total de las cunetas.

De acuerdo a la configuración del terreno de la comunidad de Engabao, se ha dividido la misma en 14 zonas, como se muestra a continuación:

| ZONAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------|---------------|-------------|---------|------------|------------|------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------|----------|--------------|
| TRAMOS DE CALLES | AV DOLOROSA | CALLE VIEJA | CALLE 4 | CALLEZON 2 | CALLE B | CALLE 1 | AV DOLOROSA | CALLE PERIMETRAL | AV 3 DE JULIO | AV 10 DE AGOSTO | CALLE F-1 | CALLE C | CALLE 14 | CALLE AZULIN |
| | CALLE J | CALLE M-2 | CALLE L | CALLE 3 | PERIMETRAL | CALLE A | CALLE 12 | CALLE ESPAÑA | CALLE D | | CALLE F-2 | | | |
| | AV OESTE | CALLE O-2 | CALLE 6 | CALLE 5-1 | CALLE 2 | PERIMETRAL | CALLE 11-A | CALLE 10-A | CALLE E | | | | | |
| | AV 3 DE JULIO | AV DOLOROSA | | PERIMETRAL | | | CALLEZON 1 | CALLE 9-A | | | CALLE 10 DE AGOSTO | | | |
| | CALLE 15 | CALLE M-1 | | AV PRIMERA | | | CALLE PERIMETRAL | | | | CALLE H | | | |
| | AV PRIMERA | CALLE 13 | | CALLE 1 | | | CALLE 10-B | | | | AV CENTRAL | | | |
| | CALLE 15 | CALLE O-1 | | AV PRIMERA | | | CALLE G | | | | AV 3 DE JULIO | | | |
| | CALLE 13 | AV OESTE | | CALLE B | | | CALLE 9-B | | | | | | | |
| | CALLE K | | | | | | CALLE 10-A | | | | | | | |
| | AV NORTE | | | | | | CALLE B | | | | | | | |
| | | | | | | | CALLE 7 | | | | | | | |
| | | | | | | | CALLE ESPAÑA | | | | | | | |

Donde los caudales de precipitación acumulados por zonas, cumplan con el gasto permisible de la sección de la cuneta:

Tabla XXVIII.- Caudales de precipitación acumulados

| ZONAS | DISTANCIA RECORRIDA | Tc | Q max | Q adm | Qadm> Qmax |
|-------|---------------------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1646,65 | 13,14 | 0,36 | 0,63 | OK |
| 2 | 983,58 | 5,35 | 0,3 | 0,79 | OK |
| 3 | 258 | 6,36 | 0,08 | 0,69 | OK |
| 4 | 944,32 | 12,24 | 0,27 | 0,64 | OK |
| 5 | 335 | 9,38 | 0,07 | 0,23 | OK |
| 6 | 467,46 | 29,98 | 0,09 | 0,51 | OK |
| 7 | 1799,34 | 17,19 | 0,27 | 0,28 | OK |
| 8 | 684,84 | 24,74 | 0,12 | 0,35 | OK |
| 9 | 506,92 | 13,28 | 0,1 | 0,39 | OK |
| 10 | 115,93 | 13,30 | 0,02 | 0,12 | OK |
| 11 | 1421,14 | 14,48 | 0,33 | 0,7 | OK |
| 12 | 307 | 11,71 | 0,06 | 0,45 | OK |
| 13 | 204 | 9,80 | 0,05 | 0,38 | OK |
| 14 | 131,03 | 6,41 | 0,03 | 0,33 | OK |

Los tiempos de concentración de cada zona equivalen al tiempo necesario en que tarda la gota más lejana al llegar al punto de drenaje, siendo en este caso el de la ruta de escorrentía que recorre mayor distancia por cada zona.



Figura 26. Esquema drenaje AALL.
Fuente: Elaboración Propia

A partir del caudal de escorrentía obtenido en cada una de las zonas ya mencionadas, se procede a determinar el volumen de precipitación, para así de esta manera

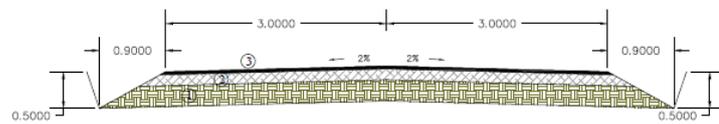
determinar la capacidad de la cisterna de almacenamiento.

Tabla XXIX.- Caudales de escorrentía

| ZONAS | volumen precipitación | v cisterna | V. precipi. <v. cisterna |
|-------|-----------------------|------------|--------------------------|
| 1 | 4741,23 | 5000 | OK |
| 2 | 1611,12 | 2800 | OK |
| 3 | 494,57 | 1200 | OK |
| 4 | 3327,77 | 5000 | OK |
| 5 | 674,76 | 1200 | OK |
| 6 | 2598,91 | 2800 | OK |
| 7 | 4721,70 | 5000 | OK |
| 8 | 2944,39 | 5000 | OK |
| 9 | 1290,09 | 2800 | OK |
| 10 | 206,87 | 1200 | OK |
| 11 | 4779,14 | 5000 | OK |
| 12 | 744,47 | 1200 | OK |
| 13 | 479,08 | 1200 | OK |
| 14 | 172,06 | 1200 | OK |

A continuación se tiene un corte transversal del diseño de la estructura de las calles de la Comunidad de Engabao, donde por facilidades constructivas se tomó una sección estándar de cuneta con el fin de que tenga suficiente capacidad para abarcar los caudales acumulados en los tramos finales.

CORTE TRANSVERSAL - DETALLE DE CALZADA



- ① Terreno Natural
- ② Suelo - Cemento e = 15 cm
- ③ Carpeta Asfáltica e = 4 cm

NOTA: Cuneta cubierta con hormigón $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$

Figura 27. Corte transversal-Detalle de calzada.
Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.5 Señalización

La señalización tiene gran importancia en la circulación vehicular ya que tiene como función guiarla y regularla de forma segura y fluida de esta manera el tránsito será ordenado y cómodo.

La señalización consistirá en la rotulación permanente con pintura reflectante y anticorrosiva, la cual deberá de cumplir con las normas de Tránsito. La clasificación de las señales es:

- **Señales Generales**

Se refiere a la señalización utilizada para marcar sitios de referencia tales como escuelas, servicios públicos y turísticos, entre otros.

- **Señales de Seguridad**

Este tipo de señalética es de suma importancia ya que remarca los lugares donde pueden ocurrir posibles problemas naturales tales como derrumbes, aluviones, abismos entre otros, se los conoce también como señalética preventiva.

- **Señales Viales**

Encargadas de indicar límites de circulación tales como velocidad máxima, cruces de vías, rompe velocidades, altas pendientes, así como curvas.

- **Señales de protección ecológica**

Este tipo de señalética es utilizada para identificar sitios de valor ecológico y ambiental que requieran especial

atención para la protección de fauna nativa, así como de la cobertura vegetal que posean, estando dirigida a los moradores de la zona, así como a los posibles turistas que la visiten.

4.8.2.6 Señalización Horizontal

La señalización horizontal es la que se encuentra ubicada sobre la superficie de la vía mediante líneas, símbolos y leyendas, de tal manera que sean entendidas por el conductor sin que este desvíe su mirada de la vía.

Se clasifica de la siguiente forma:

4.8.2.7 Líneas Longitudinales

Son utilizadas para determinar carriles y calzadas, así como zonas de prohibición de estacionar y para indicar carriles de uso exclusivo y para advertir la aproximación de un paso cebra. Así mismo sirven para señalar giros en “U” y virar a la izquierda, las líneas longitudinales pueden ser continuas o en zigzag. Se clasifican en:

- **Doble Línea continua (línea de barrera)**

Son utilizadas en calzadas con doble sentido de tránsito, donde la visibilidad se ve reducida por curvas o pendientes impidiendo el rebasamiento o virajes en forma segura, consisten en dos líneas amarillas paralelas con un ancho de 100 a 150 mm, a una distancia de 100 mm entre las mismas.

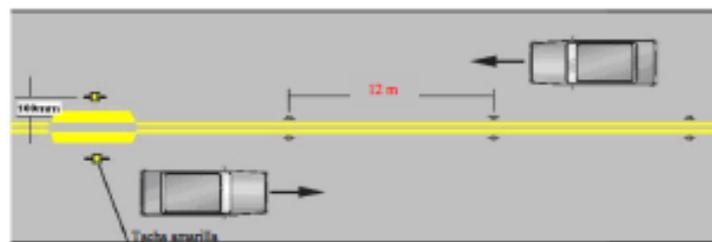


Figura 28. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.

Fuente: (INEN, 2011)

- **Líneas de Separación de Flujos Opuestos**

Utilizadas en calzadas bidireccionales indicando la separación de los flujos opuestos, ubicadas en el centro de las calzadas, son de color amarillo y deben ser utilizadas siempre que:

- ✓ Las vías rurales tengan un ancho de calzada mínimo de 5,60 y TPDA de 300 vehículos o más.
- ✓ Las vías urbanas con un ancho de calzada mínima de 6,80m y TPDA de 1500 vehículos o más.
- **Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.**

Utilizadas para zonas donde se puede rebasar y donde se permite el viraje para los tramos en tangente, además de curvas que tengan suficiente visibilidad para permitir el rebasamiento, como se indica en la tabla XXIX.

Tabla XXX.- Relación de señalización línea segmentada, (INEN, 2011)

| Velocidad máxima de la vía (km/h) | Ancho de la línea (mm) | Patrón (m) | Relación señalización brecha |
|-----------------------------------|------------------------|------------|------------------------------|
| Menor o igual a 50 | 100 | 12 | 3-9 |
| Mayor a 50 | 150 | 12 | 3-9 |

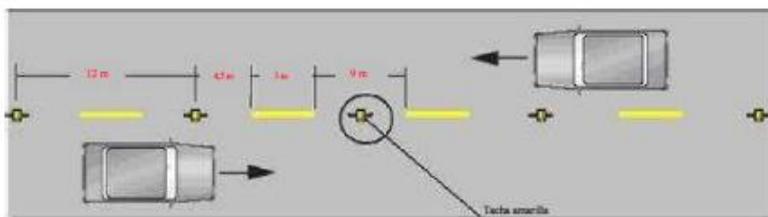


Figura 29. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.
Fuente: (INEN, 2011)

- **Doble línea mixta**

Son dos líneas amarillas paralelas, una continua y la otra es segmentada con un ancho mínimo de 100 mm, separadas entre sí a una distancia de 100 mm, son utilizadas para indicar la seguridad de rebasar solo hasta la línea segmentada, mas no de la línea continua ya que es prohibido.

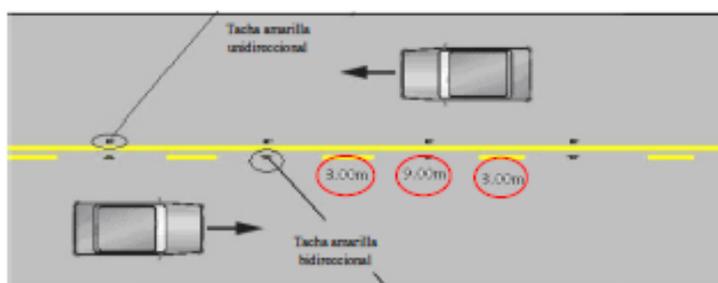


Figura 30. Doble línea mixta.
Fuente: (INEN, 2011)

- **Línea segmentada de separación de carriles**

Tiene como finalidad ordenar el tráfico y posibilitar un uso seguro y eficiente de las vías. A continuación, se muestran las especificaciones de las mismas de acuerdo a la velocidad del diseño.

Tabla XXXI.- Relación señalización / línea espaciamento de carril, (INEN, 2011)

| Velocidad máxima de la vía (km/h) | Ancho de la línea (mm) | Longitud de la vía pintada (m) | Espaciamento de línea (m) |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Menor o igual a 50 | 100 | 3.00 | 9.00 |
| Mayor a 50 | 150 | 3.00 | 9.00 |

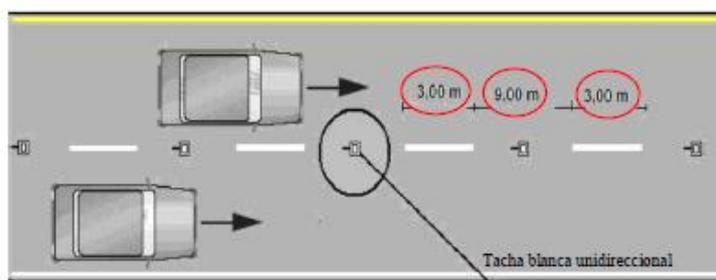


Figura 31. Líneas de separación de carriles segmentados.
Fuente: (INEN, 2011)

En el caso de la presente vía se implementará una línea central segmentada para una zona plana, los segmentos pintados serán de 3,50 m con espacios de 8,50 m sin

pintar de acuerdo a las normas del MTOP, el ancho de la raya central será de 0,10 m y su color amarillo, además en las curvas se pintará la misma franja pero de forma continua, adicionalmente se colocará micro esferas con el fin de aumentar la reflectividad. Además las líneas de separación de carril serán continuas a 20 m, antes de la línea de PARE, y de 30 m en los cruces semaforizados.

4.8.2.8 Líneas Longitudinales

Son utilizadas en los cruces para indicar el lugar en donde los vehículos deben de detenerse, ceder el paso o disminuir la velocidad, así como para indicar el cruce peatones o bicicletas.

- **Línea de PARE**

Línea continua ante la cual los vehículos deben de detenerse, para velocidades menores a 50 km/h su ancho debe de ser de 0,4 m, el caso de las calles de la comunidad de Engabao. Esta línea se desmarca de acuerdo a la aproximación de dispositivos de control de

tránsito como señalización vertical, o de acuerdo a la dirección entre las calles como se indica en las FIG

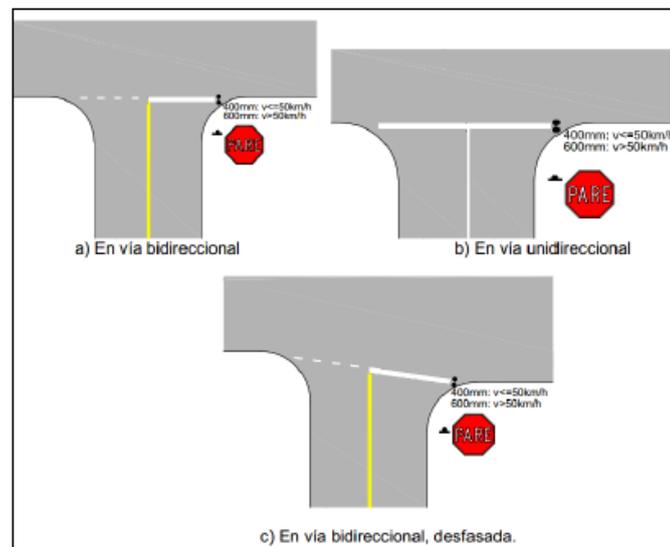


Figura 32. Líneas de separación de carriles segmentadas.
Fuente: (INEN, 2011)

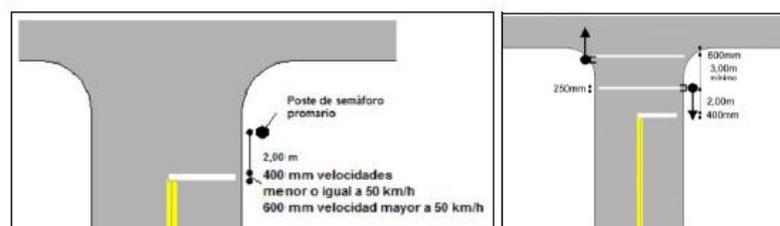


Figura 33. Línea de pare en intersección con semáforos.
Fuente: (INEN, 2011)

- **Línea de cruce cebra**

Tiene como función delimitar una zona de la calzada en la cual el peatón tiene derecho al paso, está constituida por franjas paralelas al eje de la calzada de color blanco, tiene una longitud entre 3 a 8 m, en el caso de las calles de Engabao se tomara una longitud de 4 m, con un ancho de 450 mm, y una separación entre franjas de 750 mm, comenzando a partir de 500 mm respecto al bordillo.

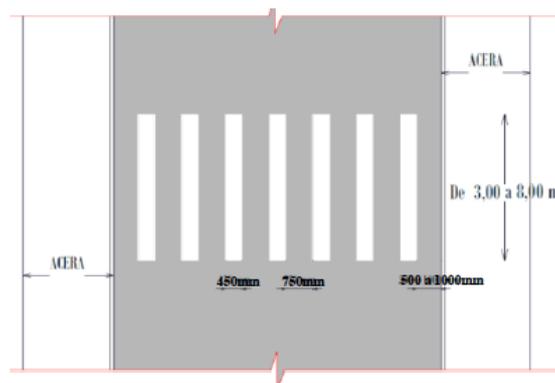


Figura 34. Líneas de cruce cebra.

Fuente: (INEN, 2011)

- **Línea de ceda el paso**

Esta línea indica la posición segura en la cual el vehículo puede detenerse, en el caso de que sea necesario,

consiste en una línea segmentada de 600 mm, con espaciamiento de 600 mm y un ancho de 400 mm.

- **Línea de detención**

Tiene como finalidad indicarles el punto de pare a los vehículos que viran en una intersección, y así ceder el paso a los peatones, consiste en una línea segmentada de 600 mm por 200 mm de ancho con una separación de 600 mm.

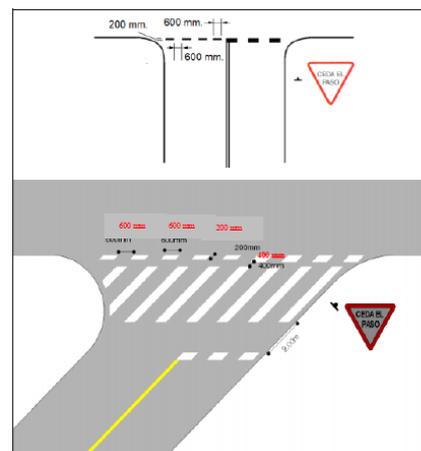


Figura 35. Línea de ceda el paso en cruce escolar.
Fuente: (INEN, 2011)

4.8.2.9 Símbolos y leyendas

Son utilizadas para advertir y guiar al usuario, consisten en flechas, triángulos de ceda el paso y leyendas como carril exclusivo, pare, paradas entre otras. Todas las marcas son de color blanco, con un ancho variable de 0,3 a 0,6 m.

4.8.2.10 Señalización Vertical

Se conoce como señalización vertical a los tableros de control de tráfico fijado en los postes o estructuras que contienen leyendas y símbolos, que tiene como objetivo comunicar y prevenir peligros, así como informar acerca de restricciones. Se clasifican en:

- **Señales Reglamentarias**

Se las conoce como código R, tiene como función indicar a los usuarios las prohibiciones, restricciones y limitaciones de la vía, se colocan en el punto de prohibición, y tiene forma circular con un diámetro de 75 cm y orla con borde rojo.



Figura 36. Señales Reglamentarias.
Fuente: (INEN, 2011)

- **Señales Permisivas**

Se las conoce como código P, tiene como función advertir al usuario la existencia de una condición inesperada o peligros, son colocadas entre 50 m y 70 m, antes del riesgo, deberán ser de forma cuadrada de 75 cm de lado, con fondo amarillo y bordes negros.



Figura 37. Señales Permisivas.
Fuente: (INEN, 2011)

- **Señales Informativas- Restrictivas**

Son conocidas como de código I, brindan información respecto a localidades, rutas, destinos, sitios de interés especial, intersecciones y cruzamientos, entre otras. Ubicadas a distancias no menores de 100 m antes de los PC y PT, ni de 30 m antes de los ET Y TE, con una forma rectangular con 2,30 m de lado, con fondo verde y letras blancas.

Todas las señales serán colocadas el lado derecho de la vía, de acuerdo al sentido de circulación del tránsito, en el caso de que la visibilidad al lado derecho no sea completa se debe colocar una señal adicional a lado izquierdo de la vía.

4.9 ALTERNATIVA 3: Diseño de Humedales Domiciliarios con bio-filtro

Se tiene a los humedales como tercera opción para mejorar la eficiencia de los servicios básicos de la comunidad de Engabao, un humedal por biofiltración tiene como objetivo eliminar una alta cantidad de contaminantes presentes en las aguas grises, para que luego de un debido proceso de desinfección, el agua obtenida como producto final pueda ser reutilizada en usos como riego o limpieza de la comunidad.

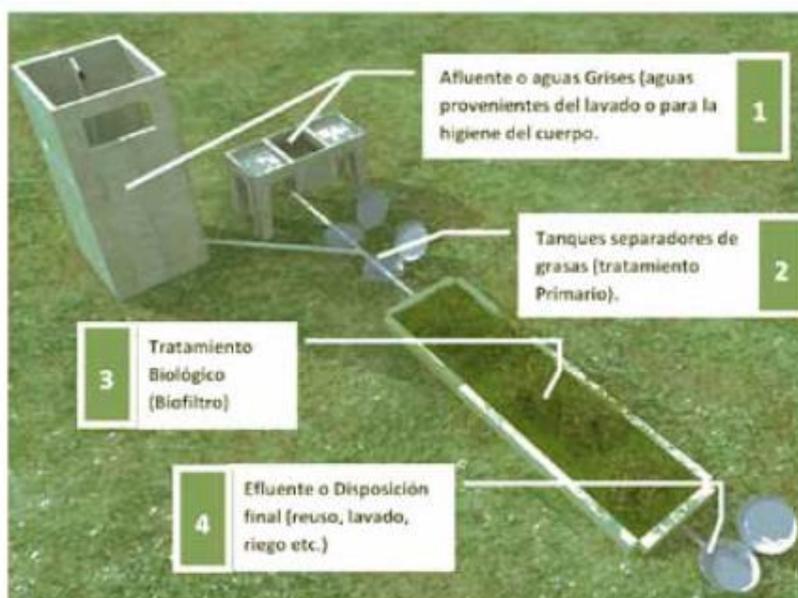


Figura 38. Esquema del sistema de Tratamiento de un Biofiltro
Fuente: (IDEASS NICARAGUA, 2009)

Esta alternativa es óptima para zonas rurales ya que requieren poca área para su construcción, así como bajos costos de

elaboración; recolectando las aguas grises provenientes de inodoros y lavaderos, las cuales poseen una alta concentración de fosfatos, nitratos, bacterias, jabones, espumas, materia orgánica, así como sólidos suspendidos y colorantes.

4.9.1 Pre-tratamiento o Tratamiento Primario Diseño del Humedal Domiciliario

Para el pre tratamiento, se utilizara reservorios de PVC con una capacidad de 2000 L, donde se separaran la mayor parte de los sólidos, debido a la acción de la gravedad, creándose lodos en el fondo del reservorio, y aislándose las grasas y aceites en la parte superior del reservorio.

Se recomienda la limpieza del reservorio cada 4 meses, de esta manera el tratamiento primario conserve su efectividad.

4.9.2 Tratamiento Biológico o Biofiltro

- **Cálculo de Tiempo de Retención**

Para determinar el tiempo de retención se requiere conocer la constante de velocidad, la cual depende de la temperatura

media del sector donde se va a construir el humedal la cual es de 25°C.

$$K_r = K_{20}(1.06)^{T-20} \quad [\text{Ecuación 145}]$$

$$K_r = 1.1(1.06)^{25-20}$$

$$K_r = 1.47$$

Además la concentración inicial de DBO se la toma de las magnitudes base la cual es de 33 mg/L, y la concentración esperada se la toma de acuerdo a los resultados estimados en la TABLA, siendo para uso residencial 9 mg/L.

Tabla XXXII.- Concentración de DBO estimada de varios usos de tierra,

| Tipo de Uso de tierra | Urbano - Residencial y Negocios | Residencial | Agricultura | Abierta/Pastura | Bosque | Humedales Naturales | Agua | Árido |
|-----------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|--------|---------------------|------|-------|
| BOD (mg/L) | 9 | 15 | 4 | 6 | 6 | 6 | 0 | 13 |

Fuente: (Benaman, Armstrong, & Maidment, 1996)

$$t = \frac{-\ln(C/C_0)}{K_r} \quad [\text{Ecuación 148}]$$

$$t = \frac{-\ln(5/33)}{1.47}$$

$$t = 1.28 \text{ dias.}$$

4.9.3 Dimensionamiento de Humedal Domiciliario para un grupo de 20 casas (3 habitantes/casa)

- **Cálculo de Carga Orgánica**

La carga orgánica del sistema no debe de exceder $11.2 \text{ g/m}^2 \text{ dia}$, por lo que el afluente aplicado debe de ser hasta 5 cm por día. Además se asumirá una profundidad del sustrato de 0.85 m, teniendo en cuenta que a mayor profundidad mayor será la carga a procesar y la porosidad del sustrato será de 0.35 correspondiente a grava y arena. Además en el proceso constructivo se recubrirá las paredes con geo-membrana, además de la presencia de zeolita como parte de material filtrante.

$$L_{ORG} = \frac{Cd_w\eta}{t} \quad \text{[Ecuación 151]}$$

$$L_{ORG} = \frac{33 \times 0.85 \times 0.35}{1.28}$$

$$L_{ORG} = 7.67 \text{ g/m}^2 \text{ dia}$$

- **Cálculo del área del humedal**

$$A_s = \frac{Q_{ave} t}{d_w \eta} \quad \text{[Ecuación 154]}$$

$$A_s = \frac{6.0 \times 1.28}{0.85 \times 0.35}$$

$$A_s = 25.82 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del ancho y longitud**

$$w = \sqrt{\left(\frac{A_s}{R_A}\right)} \quad \text{[Ecuación 158]}$$

$$w = \sqrt{\left(\frac{25.82}{4}\right)}$$

$$w = 2.54 \text{ m}$$

$$l = \frac{A_s}{w} \quad \text{[Ecuación 157]}$$

$$l = \frac{25.82}{2.54}$$

$$l = 10.2 \text{ m}$$

Por facilidades constructivas se hace un humedal con 15 metros de largo y 2.50 m de ancho.

- **Remoción de coliformes fecales**

$$C_{fc} = \frac{Cfa}{1 + k_{fc} * t}$$

Donde la constante K_{fc} , dependerá de la temperatura media anual de la zona de Engabao que es de 25°C, y C_{fa} se tomara la carga promedio de los ARD en el área rural la cual es de 10^8 NMP/100 ml

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{T-20}$$

$$k_{fc} = 0.841(1.07)^{25-20}$$

$$k_{fc} = 1.18/dia$$

$$C_{fc} = \frac{10^8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}}{1 + 1.18 \times 1.28}$$

$$C_{fc} = 0.040 \times 10^8 \text{ NMP}/100$$

CAPITULO V

5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Antecedentes

La evaluación del Impacto Ambiental corresponde a las diferentes alternativas planteadas en el proyecto de sistema de alcantarillado y drenaje de aguas lluvias de la Comuna de Engabao. Es importante garantizar la conservación del medio ambiente ante las actividades que se vayan a realizar, procurando que sean amigables al entorno, sin contaminación en todas las etapas del proyecto, hasta el término de su vida útil.

El objetivo de este estudio es causar el menor impacto que se pueda producir durante todas las fases del proyecto, tomando en cuenta los riesgos que éste puede generar ya sea al agua, al aire, al suelo, a la

población, flora o fauna, y disminuir los peligros que se puedan presentar, planteando además un plan de mitigación del proyecto.

5.2 Marco Legal

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

LIBRO V, “DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS COSTEROS”, TÍTULO I, DE LA SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL COSTERA.

Art. 2.- Para el cabal cumplimiento de sus competencias, el Subsecretario de Gestión Ambiental Costera ejecutará las atribuciones siguientes:

- a) Aplicar las normas vigentes en materia de gestión ambiental de conservación y protección de los recursos marinos costeros;
- b) Controlar, dentro de su ámbito territorial, que el sector público o privado ejercite sus actividades dentro de los parámetros permitidos, evitando la afectación o daño de los recursos marino costeros o naturales;
- c) Formular planes de acción para mantener el equilibrio de los recursos marino costeros y naturales, buscando siempre la conservación y el uso sustentable de los mismos; aplicando, además, acciones de remediación;

- d) Aprobar estudios de impacto ambiental y auditorías ambientales, que se presenten para actividades de obras públicas, productivas o de inversión en las áreas de su competencia;
- e) Ejecutar las políticas que sobre su competencia dicte la titular del Ministerio del Ambiente;
- f) Coordinar y brindar apoyo a los diferentes distritos regionales, incluidos los pertenecientes a la región costera;
- g) Conocer y aceptar solicitudes tendientes a obtener personería jurídica a entidades de derecho privado con finalidad social constituidas al auspicio del Título XXIX, Libro 1 del Código Civil;
- h) Generar, negociar, formalizar, ejecutar y supervisar los proyectos de cooperación nacional, internacional y con organismos extranjeros que el Ministerio tenga suscritas o llegue hacerlo, así como los convenios de cooperación interinstitucional en la región del litoral; e,
- i) Supervisar el curso de los juicios en que el Ministerio del Ambiente, sea parte como actor o demandado ante los juzgados y tribunales de las provincias del litoral, en especial los juicios que se hayan propuesto o se propongan en defensa de la integridad del patrimonio natural del país o del interés público para protegerlo y conservarlo.

**LIBRO VI, “DE LA CALIDAD AMBIENTAL”, TÍTULO I, CAPÍTULO III,
DEL OBJETIVO Y LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SUB-
SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.**

Art. 13.- Objetivo General de la evaluación de impactos ambientales. El objetivo general de la evaluación de impactos ambientales dentro del SUMA es garantizar el acceso de funcionarios públicos y la sociedad en general a la información ambiental relevante de una actividad o proyecto propuesto previo a la decisión sobre la implementación o ejecución de la actividad o proyecto.

Para tal efecto, en el proceso de evaluación de impactos ambientales se determinan, describen y evalúan los potenciales impactos de una actividad o proyecto propuesto con respecto a las variables ambientales relevantes de los medios

- a) físico (agua, aire, suelo y clima);
- b) biótico (flora, fauna y sus hábitat);
- c) socio-cultural (arqueología, organización socio-económica, entre otros); y,
- d) salud pública.

LIBRO VI, “DE LA CALIDAD AMBIENTAL”, TÍTULO II, POLÍTICAS NACIONALES DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Art. 30.- El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional la gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales que se determinan a continuación.

Art. 31.- AMBITO DE SALUD Y AMBIENTE.- Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito de salud y ambiente las siguientes:

- a. Prevención y minimización de los impactos de la gestión integral de residuos sólidos al ambiente y a la salud, con énfasis en la adecuada disposición final.
- b. Impulso y aplicación de mecanismos que permitan tomar acciones de control y sanción, para quienes causen afectación al ambiente y la salud, por un inadecuado manejo de los residuos sólidos.
- c. Armonización de los criterios ambientales y sanitarios en el proceso de evaluación de impacto ambiental y monitoreo de proyectos y servicios de gestión de residuos sólidos.

- d. Desarrollo de sistemas de vigilancia epidemiológica en poblaciones y grupos de riesgo relacionados con la gestión integral de los desechos sólidos.
- e. Promoción de la educación ambiental y sanitaria con preferencia a los grupos de riesgo.

**LIBRO VI, “DE LA CALIDAD AMBIENTAL”, TÍTULO IV,
REGLAMENTO A LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA
PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.**

Art. 98.- Reporte Anual

El regulado que origine descargas, emisiones o vertidos hacia el ambiente, incluyendo hacia sistemas de alcantarillado, deberá reportar por lo menos una vez al año las mismas ante la entidad que expide el permiso de descargas, emisiones y vertidos, para obtener las autorizaciones administrativas ambientales correspondientes.

Las actividades nuevas efectuarán el reporte inicial de sus emisiones, descargas y vertidos en conjunto con la primera AA de cumplimiento con las normativas ambientales vigentes y su plan de manejo ambiental que debe realizar el regulado un año después de entrar en operación.

Art. 120.- Criterios para la Elaboración de Normas Técnicas de Emisión, Descarga y Vertidos

Para determinar las normas de emisión, descarga y vertidos deberán considerarse los siguientes aspectos:

- a) Los tipos de fuentes o actividades reguladas;
- b) Los valores de fondo o distribución del contaminante en el área de aplicación de la norma, su metodología de medición y los resultados encontrados;
- c) La relación entre las emisiones, descargas o descargas del contaminante y la calidad ambiental del recurso;
- d) La capacidad de asimilación y de auto depuración del medio receptor o recurso involucrado en la materia normada;

Art. 122.- Monitoreo Ambiental

El cumplimiento de las normas de emisión y descarga deberá verificarse mediante el monitoreo ambiental respectivo por parte del regulado. Sin embargo, la entidad ambiental de control realizará mediciones o monitoreos cuando lo considere necesario.

**LIBRO VI, “DE LA CALIDAD AMBIENTAL”, TÍTULO V,
REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA
CONTAMINACIÓN POR DESECHOS PELIGROSOS.**

Art. 152.- Regula las fases de gestión y los mecanismos de prevención y control de los desechos peligrosos, al tenor de los lineamientos y normas técnicas previstas en la gestión ambiental, de prevención y control de la contaminación ambiental, en sus respectivos reglamentos, y en el convenio de Basilea.

Art 153.- Los desechos peligrosos comprenden aquellos que se encuentran determinados y caracterizados en los listados de desechos peligrosos y normas técnicas aprobados por la autoridad ambiental competente para la cabal aplicación de este reglamento.

Art. 160.- Todo generador de desechos peligrosos es el titular y responsable del manejo de los mismos hasta su disposición final, siendo su responsabilidad:

- Tomar medidas con el fin de minimizar al máximo la generación de desechos peligrosos.

- Almacenar los desechos en condiciones ambientales seguras, evitando su contacto con el agua y la mezcla entre aquellos que sean incompatibles.
- Disponer de instalaciones adecuadas para realizar el almacenamiento temporal de los desechos, con accesibilidad a los vehículos recolectores.
- Realizar la entrega de los desechos para su adecuado manejo, únicamente a las personas autorizadas para el efecto por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.
- Identificar y caracterizar los desechos peligrosos generados, de acuerdo a la norma técnica correspondiente.
- Antes de entregar sus desechos peligroso a un prestador de servicios, deberá demostrar ante la autoridad competente que no es posible aprovecharlos dentro de su instalación.

LEY ORGÁNICA DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

- a) Aplicar los principios establecidos en esta Ley y ejecutar las acciones específicas del medio ambiente y de los recursos naturales;
- b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;
- c) Participar en la ejecución de los planes, programas y proyectos aprobados por el Ministerio del ramo;
- d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar las normas técnicas necesarias para proteger el medio ambiente con sujeción a las normas legales y reglamentarias vigentes y a los convenios internacionales;
- e) Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;
- f) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales; y,

g) Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Art. 22.- Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas. La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental aprobados se realizará mediante la auditoría ambiental,

practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;

b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,

c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Art. 24.- En obras de inversión públicas o privadas, las obligaciones que se desprendan del sistema de manejo ambiental, constituirán elementos del correspondiente contrato. La evaluación del impacto ambiental, conforme al reglamento especial será formulada y aprobada, previamente a la expedición de la autorización administrativa emitida por el Ministerio del ramo.

5.3 Factores Ambientales

Los principales factores ambientales que se deben de evaluar en este proyecto en el sector de la comunidad de Engabao son:

- Agua: Calidad del Agua
- Aire: Calidad del Aire, contaminación sonora, olores.
- Suelo: Características físicas y químicas, erosión.
- Medio Biológico: Flora y Fauna
- Medio perceptivo: Calidad Visual
- Socioeconómico
- Infraestructura

5.4 Evaluación de Impactos

5.4.1 Etapa de construcción:

- **Agua**

Puede ocurrir alteraciones en el curso natural de los escurrimientos superficiales, debido a los cambios y movimientos de tierra en el sector de Engabao. Además del cambio de la calidad de agua superficial del mar.

El impacto sería negativo, de bajo nivel y reversible temporal y con un corto periodo de afectación.

- **Aire**

Habría un aumento de las partículas en suspensión debido a los movimientos de tierra y excavaciones de materiales en las áreas de influencia. Además se generarán gases de combustión por la maquinaria utilizada para los procesos mencionados modificando la calidad del aire. Siendo el impacto negativo, de bajo nivel y reversible con un corto periodo de afectación.

En el caso de la generación de olores puede ser producida por las emisiones de combustión de los vehículos utilizados, además de los olores provocados por los efluentes cloacales del campamento de la obra. El impacto es negativo, de nivel bajo con un corto periodo de afectación.

Por último habrá contaminación por ruido originada por el movimiento de las maquinarias tales como camiones, retroexcavadoras entre otras. El impacto es negativo reversible con corto periodo de afectación.

- **Suelo**

Las características físicas y químicas del suelo se verán afectadas antes los movimientos de tierra en el área de influencia siendo las modificaciones permanentes.

Además habrá una compactación constante por parte de los vehículos y maquinarias que circularan en el área de influencia, y las posibles infiltraciones por parte de las descargas de efluentes del campamento. El impacto es negativo, de nivel medio, irreversible con un largo periodo de afectación.

Podrá haber erosión debido a las excavaciones y movimiento de materiales, en las zonas donde se produzcan las nuevas escorrentías, teniendo un impacto negativo no reversible y de corto plazo de manifestación.

- **Medio Biológico**

El sector de Villamil Playas es conocido como una ecorregión de Bosque seco, ya que representa diferentes biomas de nuestro planeta. Por lo que a continuación se describe como afectara la implementación de proyecto a la zona de estudio.

- **Fauna**

La fauna local se verá afectada por los trabajos de limpieza y desmonte, además del aumento de contaminación sonora por parte de las maquinarias y camiones que se utilizaran en la zona de estudio. Las especies de fauna afectadas son las siguientes:

- Anfibios: las especies encontradas son en su mayoría del orden anura y de gymnophiona.
- Reptiles: los reptiles que predominan la zona de estudio son la lagartija del desierto y la iguana del pacifico.
- Mamíferos: las especies encontradas son en su mayoría murciélagos, zarigüeyas y mapaches.
- Aves: la mayoría son migratorias boreales en donde destacan el caracara crestado, y la alondra de pradera peruana.



Figura 39. Caracara crestado.
Fuente: (Ecoeficiencia Cía. Ltda., 2014)



Figura 40. Iguana del Pacífico.
Fuente: (Ecoeficiencia Cía. Ltda., 2014)

El impacto es considerado como negativo, con un bajo nivel, reversible y de corto plazo de manifestación.

- **Flora**

La flora se ve directamente afectada en la etapa constructiva, ya que se ve sometida a desmonte y posterior movimiento de

suelos, además de que su recuperación es lenta ante el proceso de erosión hídrica a la cual se verá sometido el suelo.

Otro de los procesos de implementación que afectará la flora, son los vertidos de fluidos provenientes de las hormigoneras, alterando las especies del lugar.

Entre las especies de flora que están en el lugar de estudio son en su mayoría herbáceas halófitos como:

- *Ipomoea pescaprae*
- *Heliotropum indicum*
- *Batis marítima*
- *Sesuvium portulacastrum*



Figura 41. *Sesuvium portulacastrum*.
Fuente: (Ecoeficiencia Cía. Ltda., 2014)

El impacto es negativo, bajo y no reversible con un corto plazo de manifestación.

- **Medio perceptivo: Paisaje**

En la etapa de construcción el paisaje se verá afectado, ya que habrá cierres obligatorios de obras, zonas de acopio de materiales así como, la zona de estacionamiento y la ubicación del campamento.

El impacto es negativo, sin embargo de baja intensidad y no reversible.

- **Socioeconómico**

La actividad económica se verá afectada ya que el desarrollo de la obra obstaculizara ciertas vías de acceso al puerto y dentro de la comunidad de Engabao mismo, afectando el sistema de transporte.

Además se verá afectado el turismo a las playas locales por las vías cerradas, sin embargo esto será una medida que hará

mejoras a toda la comunidad en un futuro cercano a la implementación de la obra.

El impacto es negativo, de manera temporal, reversible y a corto plazo de manifestación.

En el caso de la demanda de insumos comestibles por parte de todo el personal del campamento de la obra, causara un aumento en la economía local, siendo esto un efecto positivo a la comunidad.

El impacto se lo considera como positivo, temporal a corto plazo de manifestación.

- **Infraestructura**

Redes de Servicios

La demanda de energía eléctrica incrementara debido a la ejecución de la obra en el sector de estudio. Además el consumo de agua potable también se verá afectado ya se para los requerimientos de obra tales como mezclas de hormigón, o para las necesidades básicas del campamento.

El impacto será negativo, de bajo nivel, irreversible y de corto plazo de manifestación.

5.4.2 Durante la Fase de Operación

- **Agua**

Una vez el sistema propuesto este instalado en el sitio de estudio, los recursos hídricos superficiales no se verán afectados, sin embargo los recurso hídricos subterráneos pueden estar afectados por percolación en el caso de que ocurra una pérdida en las juntas de conducciones.

El impacto será negativo, de bajo nivel y con corto plazo de manifestación.

- **Aire**

En la etapa de funcionamiento del sistema propuesto la calidad del aire no se verá afectada, sin embargo podrá haber generación de olores en los puntos donde estén los sumideros o pozos de revisión, además de contaminación sonora a causa del uso de bombas cuando se requiera limpiar el sistema.

El impacto será negativo, temporal y con un plazo de manifestación corto.

- **Suelo**

Cuando el sistema de alcantarillado esté en funcionamiento no habrá erosión del suelo por lo que el impacto sería nulo.

- **Medio Biológico**

Cuando el sistema de alcantarillado esté en funcionamiento, este no afectará ni a la flora ni a la fauna del sector, por lo que el impacto se consideraría nulo.

- **Medio perceptivo**

Cuando el sistema de alcantarillado esté en funcionamiento, este no afectará al paisaje del sector, por lo que el impacto se consideraría nulo.

- **Socioeconómico**

La economía local se verá afectada de manera positiva una vez esté en funcionamiento el sistema de alcantarillado, ya que

mejora la calidad de vida de la población local y la prestación de los servicios de la comunidad, incrementando el turismo, el valor de las tierras y generación de empleo.

El impacto es positivo, de alta intensidad, permanente y no reversible.

Sin embargo hay que tener en cuenta las ocasiones en que el sistema propuesto necesite mantenimiento, ya que obstaculizara las vías de acceso afectando la actividad económica en el sector de transporte y turismo. Este impacto es negativo, de baja intensidad y corto plazo de manifestación.

- **Infraestructura**

Las redes de servicio no se verán afectadas durante la etapa de funcionamiento del sistema propuesto, por lo que el impacto se considera como nulo.

5.4.3 Después de Vida Útil

- **Agua**

Cuando culmine la fase de vida útil del proyecto, el recurso agua se verá afectado por la falta de tratamiento que ésta va a tener,

sobre todo la subterránea, ya que al no darle ese mantenimiento posterior a todo el sistema, los recursos hídricos pueden verse afectados.

El impacto será positivo, de alto nivel y a mayor plazo de manifestación.

- **Aire**

En esta etapa final de vida del funcionamiento del sistema la calidad del aire no se verá mayormente afectada, solo podrán generarse olores que saldrán por el mantenimiento que va a requerir ya toda el sistema.

El impacto será negativo, temporal y con un plazo de manifestación corto.

- **Suelo**

Cuando el sistema deje de funcionar, el impacto al suelo no será muy significativo, ya que no habrá ningún tipo de movimiento de éste.

- **Medio Biológico**

El impacto a este medio es nulo, debido a que no afectará a la flora ni a la fauna cuando esté en fase de mantenimiento.

- **Medio perceptivo**

En cuanto al paisaje del lugar, no afectará en su etapa final de vida útil.

- **Socioeconómico**

La población se verá gravemente afectada cuando este sistema cumpla su etapa final y no reciba el mantenimiento adecuado para que continúe su funcionamiento. La prestación de este servicio es de suma importancia para los habitantes e influye de manera directa a los servicios básicos que debe tener este sector, lo que podría afectar al turismo.

El impacto es positivo, de alta intensidad, permanente y reversible.

- **Infraestructura**

La infraestructura del lugar se verá levemente afectada si este servicio básico deja de funcionar.

5.5 Plan de mitigación

- **Agua**

La calidad del agua se verá afectada ya que las aguas superficiales podrán verse alteradas, a continuación se tienen las medidas necesarias para reducir la magnitud del impacto:

- ✓ Realizar el mantenimiento de los vehículos y maquinarias tales como cambios de aceite o abastecimiento de combustible en talleres autorizados del Cantón Villamil Playas.
- ✓ Realizar la limpieza de las hormigoneras en zonas autorizadas.
- ✓ Reducir el tiempo de acopio, con el fin de que no se produzca una modificación del suelo que afecte la circulación de las aguas superficiales.

- ✓ Basar el diseño del sistema propuesta bajo las normas especificadas de tal manera que se asegura el correcto funcionamiento del mismo evitando posibles desbordes.

- **Aire**

El factor aire engloba tanto la calidad el aire, así como la generación de olores y contaminación sonora, donde los posibles impacto son la afectación que provoca el grado de emisiones a la atmosferas, así como los posibles riesgos a la salud de los seres humanos así como a la fauna y flora. A continuación se establecen las medidas para mitigar la magnitud del impacto mencionado:

- ✓ Deberá tenerse un control de la calidad de las maquinarias utilizadas de tal manera que la combustión que produzcan sea la óptima, de esta manera se reducen las emisiones atmosféricas.
- ✓ Tener una correcta planificación de las actividades diarias, de esta manera se reduce el uso innecesario de los vehículos utilizados en el campamento.
- ✓ Llevar un control de calidad del trabajo por parte de las volquetas que moverán el material de excavación, reduciendo los sólidos dispersos en el aire a lo largo de la ruta utilizadas.

- ✓ Controlar el acopio de residuos sólidos en la zona de estudio, reduciendo así la generación de olores en los alrededores.
- ✓ Realizar el traslado de los residuos almacenados con regularidad al menos tres veces semanales.
- ✓ Utilizar las letrinas con baterías sanitarias a lo largo de toda la obra, y que el proveedor haga el respectivo mantenimiento de las mismas siguiendo las normas de calidad.
- ✓ Ubicar de manera conveniente el taller de maquinarias de esta manera se favorece la circulación de los mismos disminuyendo el sonido por funcionamiento.
- ✓ Verificar el uso de los equipos de seguridad industrial tales como cascos y artículos de protección auditiva para los operadores y trabajadores de los alrededores al área de trabajo.

- **Suelo**

El suelo puede verse afectado ante la alteración de sus componentes físicos y químicos, así como la probabilidad de erosión. A continuación, se muestran las medidas que se deberán tomar para mitigar la magnitud del impacto:

- ✓ Deberá restablecerse las condiciones del suelo afectado por las obras de traslado de efluentes.
- ✓ Deberá realizarse un correcto almacenado de los residuos sólidos y líquidos, evitándose así contaminación por infiltración en el suelo, además se deberá hacer la recolección de los mismos por lo menos tres veces a la semana.
- ✓ Realizarse el lavado de las hormigoneras en las zonas permitidas
- ✓ Evitar la extracción de la cubierta vegetal donde no sea necesario ya que esto disminuirá la erosión del suelo, así mismo se deberán realizar trabajos de recuperación de flora para darle estabilización a las zonas requeridas.

- **Medio Biológico**

Fauna

La fauna se verá afectada ante la alteración del hábitat propio de las especies de los alrededores. A continuación, las medidas de mitigación:

- ✓ Minimizar los trabajos que produzcan contaminación sonora cerca de la fauna local.

Flora

La flora puede verse afectada con la extinción de vegetación del lugar, a continuación las medidas de mitigación:

- ✓ Se deberá realizar forestación con especies endémicas de la zona
- ✓ Restablecer las especies que han sido erradicadas por la ejecución de la obra
- ✓ Evitar el paso de vehículos y maquinarias en las zonas con cobertura vegetal que estén fuera del alcance de la obra.

- **Medio perceptivo**

El impacto visual podrá afectar al desarrollo turístico de la comunidad, a continuación las medidas de mitigación necesarias:

- ✓ Deberá recuperarse el área utilizada por el campamento así como las demás actividades de la obra como puntos de acopio, de tal manera que quede lo más parecida posible a su estado original

- ✓ Utilizar el área de terreno baldío como puntos de recreación donde se puedan visualizar la flora endémica de la zona, impulsando el turismo.

- **Socioeconómico**

El área de afectación es la de medios de transporte y libertad de circulación por parte del peatón, a continuación las medidas necesarias de mitigación:

- ✓ Tener la debida señalización de zanjas abiertas, para así evitar posibles accidentes o problemas por contingencias climáticas.
- ✓ Colocar vallados de seguridad en las excavaciones.
- ✓ Proveer señalización e iluminación nocturna en la obra así como en sus alrededores, siguiendo las normas de seguridad industrial.

CAPITULO VI

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.1 Excavación y Desalojo de zanja para tubería

Descripción del rubro.

Las excavaciones son los cortes de terreno para conformar zanjas que alojen tuberías u otros propósitos y, la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para construir las obras o instalar las tuberías. Las excavaciones deberán realizarse con maquinaria, acuerdo a lo especificado a continuación.

Se entenderá por desalojo de material producto de excavación y no apto para relleno, la operación consistente en el cargado y transporte de dicho material hasta los bancos de desperdicio o de almacenamiento que señale el proyecto.

No se incluyen en estos rubros los residuos de materiales, desperdicios y demás sobrantes generados en la obra, cuyo manejo, recogida, cargado, transporte, descarga y demás actividades relacionadas, son de responsabilidad del personal a cargo del proyecto.

Procedimiento de trabajo.

Las Excavaciones incluye el control de las aguas servidas, potables, provenientes de lluvias o de cualquier otra fuente que no sea proveniente del subsuelo (aguas freáticas), para que las obras se ejecuten de manera que se obtenga (cuando sea factible) un drenaje natural a través de la propia excavación; para lo cual el Contratista acondicionará cuando sean requeridas cunetas, ya sea dentro de las excavaciones o fuera de ellas para evacuar e impedir el ingreso de agua procedente de la escorrentía superficial. Estas obras son consideradas como inherentes a la excavación y están consideradas dentro de los precios unitarios propuestos.

Cualquier daño resultante de las operaciones del Contratista durante la excavación.

Las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo a las alineaciones,

pendientes, rasantes y dimensiones que se indican en los planos.

El desalojo de material producto de excavación se deberá realizar por medio de equipo mecánico en buenas condiciones, sin ocasionar la interrupción del tráfico de vehículos, ni causar molestias a los habitantes. Para el efecto, los volquetes que transporten el material deberán disponer de una carpa cobertora que evite el derrame del material por efectos del viento o el movimiento mismo del vehículo.

El desalojo incluye el transporte y manejo o acondicionamiento del botadero de disposición final de los desechos y residuos (regado, tendido y compactado) durante y al final de ejecutada la obra.

La conformación del fondo de la zanja y la forma definitiva que el diseño y las especificaciones lo indiquen, se realizará a pico y pala en la última etapa de la excavación.

Asimismo, se mantendrá el fondo de la excavación adecuadamente drenado y libre de agua para asegurar la instalación satisfactoria de la conducción y la compactación del lecho de apoyo.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (m³) de

excavación y desalojo de zanja para tubería, la misma que indicará la entidad a cargo del proyecto.

La medición de las excavaciones a mano o mecánica será establecida por los volúmenes delimitados por la línea del terreno antes de iniciar las excavaciones y por las líneas teóricas de excavación mostradas en los planos, o definidas por el personal a cargo. El volumen de desalojo se medirá sobre el perfil excavado y el precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias, transporte, obras conexas y cualquier otro gasto que incurra el personal a cargo del proyecto.

6.2 Relleno compactado al 95% del Proctor modificado con material de sitio

Descripción del rubro.

Comprende el suministro, transporte hasta el sitio de las obras y la colocación de material granular para conferir condiciones apropiadas para el tránsito vehicular.

Procedimiento de trabajo.

Se deberá excavar de manera adecuada y de acuerdo con lo aprobado por el Fiscalizador, con equipos de excavación y acarreo adaptables a las condiciones existentes, hasta las cotas indicadas en los planos. Antes de proceder a depositar materiales para el relleno, estos deberán ser aprobados por el personal a cargo del proyecto.

Los materiales serán obtenidos en canteras o yacimientos locales aprobados por el Fiscalizador. El Personal a cargo del Proyecto transportará, mezclará y colocará la base según establecen las Especificaciones del MOP.

El relleno no será volcado directamente sobre los tubos o estructuras. El material de relleno se colocará en capas. El espesor de cada capa será compatible con el sistema y equipo de compactación empleado. En cualquier caso, el espesor de cada capa luego de compactada no excederá de 20 cm. La operación será continua hasta la terminación del relleno.

Los vacíos dejados por tablestacados, entibamientos y soportes serán rellenos en forma inmediata con arena, de manera tal que se garantice el llenado completo de los mismos.

Relleno de la zona de tubo

La zona de tubo consiste en la parte del corte transversal vertical de la zanja ubicada entre un plano de 10 cm por debajo de la superficie inferior del tubo. El lecho de apoyo o replantillo para los tubos es la parte del material de relleno para la zona de tubo que se encuentra entre la rasante de la zanja y la parte inferior del tubo, que será de 5 cm de espesor, el cual tiene como misión asegurar una distribución uniforme de las presiones exteriores sobre la conducción.

El material de relleno de la zona de tubo será colocado y compactado de manera tal de proveer asiento uniforme y soporte lateral a la tubería.

Se rellenará la zona de tubo con el material de relleno especificado en los Planos según los tipos de cimentación dados en las normas de diseño.

Relleno de la zona de zanja

Una vez colocado el relleno en la zona de tubo en la forma indicada, y después de drenar por completo todo excedente de agua de la zanja, se procederá a rellenar la zona de zanja. La zona de zanja es la parte del corte transversal vertical ubicada entre un plano de 10 cm por encima de la superficie superior del tubo.

Relleno Final

Se considera relleno final a todo relleno en el área de corte transversal de zanja dentro de los 45 cm de la superficie terminada, o si la zanja se encuentra debajo de pavimento, todo relleno dentro de los 45 cm de la rasante del mismo.

Pruebas de Compactación

Los rellenos se compactarán de acuerdo a uno o varios de los métodos indicados en el presente documento, de acuerdo con la naturaleza del relleno, el grado de compactación a alcanzar y el equipo que se empleará.

En el momento de efectuarse la compactación el contenido de humedad del material de relleno será tal que el grado de compactación especificado pueda ser obtenido y el relleno resulte firme y resistente, en este caso referido al ensayo de Proctor compactado al 95%. El material de relleno que contenga exceso de humedad, no será compactado hasta que el mismo se reduzca lo suficiente como para obtener la compactación especificada.

Los métodos de compactación a emplear serán:

- Compactación Mecánica: empleando equipos estáticos o dinámicos.
- Compactación Manual: empleando pisones de tamaño y peso adecuados.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (m³) de relleno compactado al 95% del Proctor modificado con material de sitio, el mismo que indicará el Personal a cargo del proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.3 Relleno de Arena.

Descripción del rubro y Procedimiento de trabajo.

Se entenderá por preparación del relleno de arena a las adecuaciones requeridas en el fondo de la zanja, el suministro y colocación de material granular previo a la instalación de tuberías o estructuras.

Procedimiento de trabajo.

Previo a la instalación de las tuberías o canales, se procederá a conformar la rasante del fondo de la zanja, teniendo presente que los tubos deben asentarse uniformemente en toda su longitud. Una vez que el fondo haya sido resantado, en todos los casos, se realizará la compactación con pizón manual del fondo de la zanja para luego colocar una cama de apoyo base de material granular para este caso arena.

Sin excepción alguna, a fin de otorgar a las tuberías, independiente del material y tipo, una base adecuada para asegurar una distribución de cargas uniforme sobre el terreno, deberá colocarse una capa del espesor no menor a los 0.10 m de arena o material similar, debidamente compactada al 90% del proctor modificado.

La parte central de los replantillos que se construyan para apoyo de tuberías será construida en forma de canal semicircular para permitir que el cuadrante inferior de la tubería descansa en todo su desarrollo y longitud sobre el replantillo.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (ml) de relleno

de arena, la misma que indicará el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.4 Suministro e instalación de colector PVC, D=200mm

Descripción del rubro.

Comprende el suministro en obra o bodegas, según especifique Fiscalizador, de las tuberías para sistemas de Alcantarillado sanitario de acuerdo a especificaciones técnicas y demás requerimientos definidos para cada proyecto.

Las tuberías serán de PVC rígido con superficie interior y exterior lisa, o superficie interior lisa y exterior corrugada, con uniones de cementado solvente o con sellos de caucho o elastómeros y cumplirán las especificaciones de fabricación, pruebas y ensayos.

Se entiende por instalación de tuberías de alcantarillado, el conjunto de operaciones que realizará el Contratista para colocar en los lugares que señale el proyecto y/o el Fiscalizador, las tuberías que se

requieran en la construcción de redes de aguas servidas, de acuerdo a los distintos tipos de material antes indicados y en correspondencia a los alineamientos, profundidades y demás requerimientos técnicos de los diseños y éstas especificaciones.

Las operaciones de instalación incluyen el transporte de la tubería desde fábrica o desde los sitios establecidos por Fiscalizador, la carga y descarga a los camiones que la transportarán hasta el lugar de su colocación, las maniobras y acarreos locales, para distribuirla a lo largo de la zanja, la operación de bajada de la tubería a las zanjas, la conexión correspondiente, de acuerdo a los alineamientos, cotas del proyecto, las pruebas continuidad y estanqueidad, hasta su aceptación por parte de FISCALIZADOR.

Procedimiento de trabajo.

Para la instalación de la tubería tanto la excavación de zanja como el relleno deben estar de acuerdo con la norma ASTM D 2321.

Es recomendable que la zanja sea lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (ml) de suministro e instalación de colector PVC, el mismo que indicará el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.5 Suministro e instalación de colector de Hormigón Simple, D=300mm

Descripción del rubro.

Comprende el suministro en obra o bodegas, según especifique Fiscalizador, de las tuberías para sistemas de Alcantarillado sanitario de acuerdo a especificaciones técnicas y demás requerimientos definidos para cada proyecto.

Las tuberías serán de HS con superficie rugosa en el interior y exterior, con uniones con sellos de caucho o elastómeros y cumplirán las especificaciones de fabricación, pruebas y ensayos.

Se entiende por instalación de tuberías de alcantarillado, el conjunto de operaciones que realizará el Personal a cargo del Proyecto para colocar en los lugares que señale el proyecto y/o el Fiscalizador, las tuberías que se requieran en la construcción de redes de aguas servidas, de acuerdo a los distintos tipos de material antes indicados y en correspondencia a los alineamientos, profundidades y demás requerimientos técnicos de los diseños y éstas especificaciones.

Las operaciones de instalación incluyen el transporte de la tubería desde fábrica o desde los sitios establecidos por Fiscalizador, la carga y descarga a los camiones que la transportarán hasta el lugar de su colocación, las maniobras y acarreos locales, para distribuirla a lo largo de la zanja, la operación de bajada de la tubería a las zanjas, la conexión correspondiente, de acuerdo a los alineamientos, cotas del proyecto, las pruebas continuidad y estanqueidad, hasta su aceptación por parte de Fiscalizador.

Procedimiento de trabajo.

Para la instalación de la tubería tanto la excavación de zanja como el relleno deben estar de acuerdo con la norma ASTM C 76 o NTE INEN 1591.

Es recomendable que la zanja sea lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (ml) de suministro e instalación de colector HS, el mismo que indicará el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.6 Suministro e Instalación de Redes de PVC Desague Φ 110mm (incl. accesorios)

Descripción del rubro.

Comprende el suministro en obra o bodegas, según especifique Fiscalizador, de las tuberías para sistemas de Alcantarillado sanitario de acuerdo a especificaciones técnicas y demás requerimientos definidos para cada proyecto.

Las tuberías serán de PVC rígido con superficie interior y exterior lisa, o superficie interior lisa y exterior corrugada, con uniones de cementado solvente o con sellos de caucho o elastómeros y cumplirán las especificaciones de fabricación, pruebas y ensayos.

Se entiende por instalación de tuberías de alcantarillado, el conjunto de operaciones que realizará el Contratista para colocar en los lugares que señale el proyecto y/o el Fiscalizador, las tuberías que se requieran en la construcción de redes de aguas servidas, de acuerdo a los distintos tipos de material antes indicados y en correspondencia a los alineamientos, profundidades y demás requerimientos técnicos de los diseños y éstas especificaciones.

Las operaciones de instalación incluyen el transporte de la tubería desde fábrica o desde los sitios establecidos por Fiscalizador, la carga y descarga a los camiones que la transportarán hasta el lugar de su colocación, las maniobras y acarreos locales, para distribuirla a lo largo de la zanja, la operación de bajada de la tubería a las zanjas, la conexión correspondiente, de acuerdo a los alineamientos, cotas del proyecto, las pruebas continuidad y estanqueidad, hasta su aceptación por parte de FISCALIZADOR.

Procedimiento de trabajo.

Para la instalación de la tubería tanto la excavación de zanja como el relleno deben estar de acuerdo con la norma ASTM D 2321.

Es recomendable que la zanja sea lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (ml) de suministro e instalación de redes de PVC desagüe $\Phi 110$ mm con accesorios, el mismo que indicará el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.7 Caja de Registro AASS de HS, cuello de HA y tapa de HA (50x50cm)

Descripción del rubro.

Estas especificaciones cubren requisitos y procedimientos generales relacionados con la fabricación, suministro e instalación de cajas de registro domiciliarias para uso subterráneo con estructuras que permiten acceso de herramientas y equipos para realizar labores de limpieza.

Las cajas deben tener formas estructurales y partes que faciliten su ensamblaje y fijación o anclaje contra el terreno que los rodea y están compuestos por un solo cuerpo de secciones de PE.

Este rubro incluye la tapa y su cabezal de soporte, destinada a completar las secciones para su conjunto funcional. La tapa y su estructura de apoyo se encuentran en los planos de detalle y en los análisis de precios unitarios.

Procedimiento de trabajo.

La excavación para las cajas tendrá un sobre ancho de 20 cm mayor por al de la caja y 5 cm mayor a la altura de esta.

Se debe marcar la sección correspondiente a la descarga domiciliaria en el neplo o tomando en cuenta la pendiente de dicha descarga. Así mismo se marca la sección del colector domiciliario aguas arriba en una de las paredes de la caja. Siempre se deberá tomar en cuenta el nivel de piso o acera terminado y la posición del marco superior de la caja.

Una vez instalada la infraestructura de las instalaciones de aguas servidas, será necesario conectar las acometidas domiciliarias, para lo cual será necesario efectuar la excavación de la zanja del tubo que va a acometer y luego utilizando el kit de herramientas se perforará la base.

Proceder a rellenar alrededor de la caja con material fino (arena, arcilla, cisco de trituración de piedra) en capas de 15 cm compactando manualmente. La fundición del marco de concreto para la tapa, según el diseño propuesto se fundirá alrededor del remate superior de la caja, un marco de concreto de 10 cm de ancho y 10 cm de altura externa, que llevará anclado un marco de pletina.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será la unidad (u) de suministro e instalación de caja de registro AASS de HS, cuello de HA y tapa de

HA, los mismos que indicaran el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.8 Cámara de Inspección HA D=900mm

Descripción del rubro.

Las cámaras de hormigón armado son un conjunto de distintas piezas o elementos unidos entre sí para su uso en instalaciones de conducciones de drenaje o saneamiento sin presión aunque ocasionalmente deban soportar pequeñas presiones.

Procedimiento de trabajo.

Son cámaras circulares con diámetro interior de 900mm, losa inferior y cilindro en hormigón armado prefabricado, y losa superior en hormigón reforzado. Las cámaras de hormigón prefabricado deben cumplir con las normas INEN 1591 y ASTM A 497.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será la unidad (u) de cámaras de inspección HA, el mismo que indicará el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

6.9 Desbroce, desbosque y limpieza

Descripción del rubro.

Este trabajo consistirá en despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada. En las zonas indicadas en los planos o por el Fiscalizador, se eliminarán todos los árboles, arbustos, troncos, cercas vivas, matorrales y cualquier otra vegetación; además de tocones y hojarasca. También se incluyen en este rubro la remoción de la capa de tierra vegetal, hasta la profundidad indicada en los planos o por el Fiscalizador; así como la disposición, en forma satisfactoria al Fiscalizador, de todo el material proveniente de la operación de desbroce, desbosque y limpieza. Estos trabajos incluirán todas las

zonas de préstamo, canteras y minas dentro de la zona del camino y las afueras de la misma, que estén señaladas en los planos o por el Fiscalizador, como fuentes designadas u opcionales de materiales de construcción.

Procedimiento de trabajo.

El desbroce, desbosque y limpieza se efectuarán por medios eficaces, manuales y mecánicos, incluyendo la zocola, tala, repique y cualquier otro procedimiento que de resultados que el Fiscalizador considere satisfactorios. Por lo general, se efectuará dentro de los límites de construcción y hasta 10 metros por fuera de estructuras en las líneas exteriores de taludes. En todo caso, se pagará al contratista solamente por los trabajos efectuados dentro de los límites de Desbroce, Desbosque y Limpieza señalados en los planos o indicados por el Fiscalizador. Cuando en el contrato se prevea la conservación y colocación en áreas de siembra, de la capa de tierra vegetal, este material será almacenado en sitios aprobados por el Fiscalizador, hasta su incorporación a la obra nueva.

Movimiento de Tierras de árboles se podrá realizar de modo que el corte se haga a una altura no mayor a 20 cm. sobre la superficie del terreno natural; los arbustos y maleza se eliminarán por completo y el césped

se deberá cortar al ras. Los árboles deberán ser removidos por completo en los lugares donde esté prevista la construcción de estructuras o subdrenes, pilotes, excavación en forma escalonada para terraplenado, remoción de capa de tierra vegetal o la remoción de material inadecuado.

Medición y Forma de Pago

La cantidad a pagarse por el Desbroce, Desbosque y Limpieza será el área en hectáreas, medida en la obra, en su proyección horizontal de trabajos ordenados y aceptablemente ejecutados, incluyendo las zonas de préstamo, canteras y minas dentro de la zona del camino y las fuentes de trabajo aprovechadas fuera de dicha zona, que estén señaladas en los planos como fuentes designadas.

La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato. Este precio y pago constituirá la compensación total por la eliminación, retiro, desecho y transporte de todos los materiales provenientes del Desbroce, Desbosque y Limpieza, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas necesarios, incluyendo la remoción

y disposición de obstáculos misceláneos, cuando no haya en el contrato los rubros de pago para tales trabajos.

6.10 Trazado y Replanteo

Descripción del rubro

Este rubro consiste en la ubicación de las obras en campo, utilizando las alineaciones y cotas indicadas en los planos y respetando estas especificaciones de construcción.

Este trabajo debe realizarse con la precisión suficiente que permita la perfecta ubicación en el terreno de cada uno de los tubos, accesorios y demás estructuras.

Procedimiento de trabajo.

Previo a iniciar los trabajos de replanteo, el Constructor realizará un recorrido al sitio de implantación de cada una de las obras y sugerirá los cambios que crea conveniente. En el sitio de trabajo se colocarán hitos de hormigón perfectamente identificados y referenciados, que servirán como puntos de control horizontal y vertical de la obra.

El Constructor proveerá todo el personal calificado, instrumentos,

herramientas, y materiales requeridos para la fijación de hitos y el replanteo de las obras.

El Fiscalizador suministrará al Contratista los planos y referencias básicas para la localización de las obras con sus coordenadas y elevaciones, las mismas que se señalan en los planos.

Antes de iniciar la construcción de cualquier obra, el Contratista y el Fiscalizador definirán el trazado observando los planos y recorriendo el terreno. De encontrarse discrepancias, la Fiscalización deberá realizar las modificaciones necesarias.

El replanteo y nivelación de las líneas y puntos secundarios, será hecho por el Contratista. Todas las líneas y niveles estarán sujetos a comprobación por parte del Fiscalizador, sin perjuicio de lo cual será responsabilidad del Contratista la exactitud de tales líneas y niveles.

Los trabajos de replanteo serán realizados por personal técnico capacitado y experimentado utilizando aparatos de precisión, tales como estaciones totales, teodolitos, niveles.

Medición y Forma de Pago

Para el caso de colectores de alcantarillado, el replanteo y nivelación

de ejes se medirá en metros lineales (ml) y corresponde a las actividades de colocar los niveles, alineaciones y pendientes, incluyendo los puntos de control. Incluye también una franja de 6 m a cada lado del eje a fin de ubicar posibles interferencias.

Las cantidades determinadas del rubro indicado se pagarán a los precios contractuales que consten en el contrato.

6.11 Excavación sin clasificar

Descripción del rubro

Las excavaciones de $0 < H < 2\text{m}$, son los cortes de terreno para conformar zanjas que alojen tuberías u otros propósitos y, la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para construir las obras o instalar las tuberías. Las excavaciones deberán realizarse con maquinaria, acuerdo a lo especificado a continuación.

Procedimiento de trabajo.

Las Excavaciones incluye el control de las aguas sean éstas, servidas, potables, provenientes de lluvias o de cualquier otra fuente que no sea proveniente del subsuelo (aguas freáticas), para que las obras se ejecuten de manera que se obtenga (cuando sea factible) un drenaje

natural a través de la propia excavación; para lo cual el Contratista acondicionará cuando sean requeridas cunetas, ya sea dentro de las excavaciones o fuera de ellas para evacuar e impedir el ingreso de agua procedente de la escorrentía superficial.

Las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo a las alineaciones, pendientes, rasantes y dimensiones que se indican en los planos o que ordene la Fiscalización.

Si los resultados obtenidos no fueren los esperados, la Fiscalización podrá ordenar y el Contratista deberá presentar, sistemas alternativos adecuados de excavación, sin que haya lugar a pagos adicionales o diferentes a los constantes en el contrato.

La excavación de zanjas no se realizará con la presencia permanente de agua, sea proveniente del subsuelo, de aguas lluvias, de inundaciones, de operaciones de construcción, aguas servidas u otros.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (m³) de excavación mecánica en suelo sin clasificar, la misma que indicará la entidad, administración, obra, contratista, fiscalizador y otros puntos relacionados a la obra, ordenados y aceptados por la Fiscalización.

La medición de las excavaciones a mano o mecánica será establecida por los volúmenes delimitados por la línea del terreno antes de iniciar las excavaciones y por las líneas teóricas de excavación mostradas en los planos, o definidas por la Fiscalización. Se medirá y pagará por metro cúbico excavado, sin considerar deslizamientos, desprendimientos o derrumbes que se consideren errores o negligencia del Contratista.

6.12 Desalojo de Material

Descripción del rubro

Se entenderá por desalojo de material producto de excavación y no apto para relleno, la operación consistente en el cargado y transporte de dicho material hasta los bancos de desperdicio o de almacenamiento que señale el proyecto y/o el ingeniero Fiscalizador, ubicados a distancias iguales o menores a 5 km.

No se incluyen en estos rubros los residuos de materiales, desperdicios y demás sobrantes generados en la obra, cuyo manejo, recogida, cargado, transporte, descarga y demás actividades relacionadas, son de responsabilidad del Contratista.

Procedimiento de trabajo.

El desalojo de material producto de excavación se deberá realizar por medio de equipo mecánico en buenas condiciones, sin ocasionar la interrupción del tráfico de vehículos, ni causar molestias a los habitantes. Para el efecto, los volquetes que transporten el material deberán disponer de una carpa cobertora que evite el derrame del material por efectos del viento o el movimiento mismo del vehículo.

El desalojo incluye el transporte y manejo o acondicionamiento del botadero de disposición final de los desechos y residuos (regado, tendido y compactado) durante y al final de ejecutada la obra.

Cuando los botaderos sean manejados por el Municipio, el Contratista deberá pagar a éste las tasas respectivas conforme a lo señalado en la Ordenanza Municipal que Regula la gestión integral de los Desechos y Residuos Sólidos, cuyo valor deberá estar considerado dentro de los costos directos de los rubros de los que forma parte.

Medición y Forma de Pago

El cargado a mano o a máquina, de materiales de desalojo se pagará por separado, en metros cúbicos medidos (m³) sobre el perfil excavado. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El transporte de materiales de desalojo hasta 5 km, se medirá y pagará en metros cúbicos (m³). El volumen se medirá sobre el perfil excavado. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El contratista se impondrá, para la elaboración y presentación de su oferta el factor de esponjamiento, de acuerdo a su experiencia y al conocimiento del proyecto. La ruta para el desalojo lo establecerá el Fiscalizador.

Para cuando el botadero sea gestionado por el Municipio el Contratista reconocerá a éste, el pago por concepto del manejo del botadero, cuyo costo deberá incluirse en los costos directos de los rubros de los que forma parte.

6.13 Excavación y relleno para estructuras

Descripción del rubro

Se entiende por excavación y relleno de estructuras, a la excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación del material el cual es necesario remover en zonas de corte y a colocar en zonas de relleno para así alcanzar la construcción de la obra básica, estructuras de drenaje y todo trabajo de movimiento de tierras, de acuerdo con los documentos contractuales y las

instrucciones del Fiscalizador.

Procedimiento de trabajo.

Todo el material de las excavaciones será utilizado en la construcción de terraplenes, diques y otros rellenos, conforme se estipule en los documentos contractuales o indique el Fiscalizador. Cualquier material excedente y material inadecuado que hubiese, serán desechados. La remoción de cualquier capa existente de sub-base, base o superficie de rodadura, excepto pavimento de hormigón, será considerado como parte de la excavación correspondiente al sector en que se encuentran dichas capas, y no se efectuará ningún pago aparte por tal remoción.

En el control de la compactación de suelos de cimentación a nivel de subrasante y más abajo en corte, y cada capa de suelo que se utilice en rellenos o en la construcción de terraplenes, el Fiscalizador determinará para cada suelo distinto, con excepción de las zonas de alta pluviosidad en la región oriental del país y del material pedregoso que a juicio del Fiscalizador no es susceptible a ensayos de humedad-densidad, la densidad máxima de laboratorio de acuerdo al método de ensayo, AASHTO T-180, método D, con la modificación permitida en cuanto al reemplazo de material retenido en el tamiz de 3/4" (19.0 mm), por material retenido en el número 4 (4.75 mm). Los ensayos de

granulometría, límites "ATERBERG", valor soporte (CBR) y cualquier otro que fuera especificado en las disposiciones especiales, se efectuará de acuerdo a los procedimientos pertinentes establecidos en las Normas INEN.

Previa a la colocación de las capas de sub-base, base y superficie de rodadura, se deberá conformar y compactar el material a nivel de subrasante, de acuerdo a los requisitos del numeral 305-2.04. Al final de estas operaciones, la subrasante no deberá variar en ningún lugar de la cota y sección transversal establecidas en los planos o por el Fiscalizador en más de 2 cm.

Los taludes de corte terminados deberán conformarse razonablemente a los taludes estipulados en los planos, y en ningún punto deberán variar del plano especificado en más de 15 cm. en tierra o más de 50 cm. en roca, medidos en forma perpendicular al plano del talud. Los contra taludes con inclinación de 4:1, o más tendido, no deberán variar del plano especificado en más de 6 cm. Los taludes de terraplenes terminados no deberán variar de los taludes especificados en más de 15 cm., medidos en forma perpendicular al plano del talud, dentro de una altura de 1 m., de la rasante.

Medición y Forma de Pago

El cargado a mano o a máquina, de materiales de desalojo se pagará por separado, en metros cúbicos medidos (m³) sobre el perfil excavado.

El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El transporte de materiales de desalojo hasta 5 km, se medirá y pagará en metros cúbicos (m³). El volumen se medirá sobre el perfil excavado.

El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

El contratista se impondrá, para la elaboración y presentación de su oferta el factor de esponjamiento, de acuerdo a su experiencia y al conocimiento del proyecto. La ruta para el desalojo lo establecerá el Fiscalizador.

Para cuando el botadero sea gestionado por el Municipio el Contratista reconocerá a éste, el pago por concepto del manejo del botadero, cuyo costo deberá incluirse en los costos directos de los rubros de los que forma parte.

6.14 Material de préstamo importado

Descripción del rubro

Se entiende por material de préstamo importado a un movimiento de

volúmenes de tierra que generan un tráfico intenso de maquinaria pesada, generación de polvo e inicio de potenciales procesos erosivos en las zonas de préstamo lateral, entre los principales. Con el fin de evitar efectos negativos al ambiente, el Contratista deberá ejecutar una serie de acciones tendientes a minimizar dichos efectos, logrando precautelar la seguridad y salud de sus obreros y la integridad del ambiente que le rodea.

Procedimiento de trabajo.

Los sitios seleccionados como zonas de préstamo lateral serán las que consten en planos o de acuerdo al buen criterio del Fiscalizador, considerando los aspectos técnicos de la obra y la baja oferta ambiental. El Contratista se comprometerá a ejecutar los sistemas de drenaje más adecuados con el fin de evitar empantanamientos en las zonas de préstamo lateral, tales como filtros longitudinales y cunetas de tal forma de no obstaculizar el drenaje natural de la zona y evitar la proliferación de mosquitos y vectores de enfermedades. Una vez utilizada la zona de préstamo, los taludes de la misma serán cubiertos con el mismo material de descapote que fue previamente acumulado, el cual favorecerá una revegetación natural, y mejorará las condiciones visuales de paisaje.

Medición y Forma de Pago

Los trabajos que deban realizarse con los propósitos de esta sección, dada su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato

6.15 Transporte de Material de Excavación (Transporte Libre 500 m)

Descripción del rubro

Comprende todas las precauciones y medidas que el Contratista deberá tomar con el fin de causar el mínimo malestar a la salud humana al ambiente que rodea a la obra.

Procedimiento de trabajo.

Durante la construcción, rehabilitación o concesión viales, y particularmente con motivo de los movimientos de tierra que se tengan que ejecutar para cumplir las condiciones de diseño de la obra, en las etapas de extracción, carga, transporte o de colocación de materiales, se deberá evitar que estas tareas produzcan contaminación atmosférica por acción de las partículas de polvo, debiendo el Contratista tomar todas las precauciones necesarias para tal efecto, por ejemplo, regar el área afectada.

Los trabajos de transporte de materiales para la obra, sean o no propiedad del Contratista, deberán programarse y adecuarse de manera de evitar todo daño a caminos públicos y privados, a las construcciones, a los cultivos y a otros bienes públicos o privados. Tal programación deberá ser puesta a consideración del Fiscalizador para su conocimiento y aprobación.

Todo material que sea encontrado fuera de lugar, a causa de descuido en el transporte, como restos de hormigón, rocas, restos de vegetación, etc., será retirado por el Contratista y sin derecho a pago.

Medición y Forma de Pago

Los trabajos que deban realizarse con los propósitos de esta sección, dada su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato.

6.16 Transporte de Material Préstamo Importado

Descripción del rubro

Comprende todas las precauciones y medidas que el Contratista deberá tomar con el fin de causar el mínimo malestar a la salud humana al ambiente que rodea a la obra.

6.17 Procedimiento de trabajo.

Durante la construcción, rehabilitación o concesión viales, y particularmente con motivo de los movimientos de tierra que se tengan que ejecutar para cumplir las condiciones de diseño de la obra, en las etapas de extracción, carga, transporte o de colocación de materiales, se deberá evitar que estas tareas produzcan contaminación atmosférica por acción de las partículas de polvo, debiendo el Contratista tomar todas las precauciones necesarias para tal efecto, por ejemplo, regar el área afectada.

Los trabajos de transporte de materiales para la obra, sean o no propiedad del Contratista, deberán programarse y adecuarse de manera de evitar todo daño a caminos públicos y privados, a las construcciones, a los cultivos y a otros bienes públicos o privados. Tal programación deberá ser puesta a consideración del Fiscalizador para su conocimiento y aprobación.

Todo material que sea encontrado fuera de lugar, a causa de descuido en el transporte, como restos de hormigón, rocas, restos de vegetación, etc., será retirado por el Contratista y sin derecho a pago.

Medición y Forma de Pago

Los trabajos que deban realizarse con los propósitos de esta sección, dada su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato.

6.18 Excavación para cunetas y encauzamientos

Descripción del rubro

Las excavaciones son los cortes de terreno para conformar zanjas que alojen tuberías u otros propósitos y, la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para construir las obras o instalar las tuberías. Las excavaciones deberán realizarse con maquinaria, acuerdo a lo especificado a continuación.

Procedimiento de trabajo.

Las Excavaciones incluye el control de las aguas sean éstas, servidas, potables, provenientes de lluvias o de cualquier otra fuente que no sea proveniente del subsuelo (aguas freáticas), para que las obras se ejecuten de manera que se obtenga (cuando sea factible) un drenaje natural a través de la propia excavación; para lo cual el Contratista acondicionará cuando sean requeridas cunetas, ya sea dentro de las

excavaciones o fuera de ellas para evacuar e impedir el ingreso de agua procedente de la escorrentía superficial.

Las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo a las alineaciones, pendientes, rasantes y dimensiones que se indican en los planos o que ordene la Fiscalización.

Si los resultados obtenidos no fueren los esperados, la Fiscalización podrá ordenar y el Contratista deberá presentar, sistemas alternativos adecuados de excavación, sin que haya lugar a pagos adicionales o diferentes a los constantes en el contrato

La excavación de zanjas no se realizará con la presencia permanente de agua, sea proveniente del subsuelo, de aguas lluvias, de inundaciones, de operaciones de construcción, aguas servidas u otros.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (m³) de excavación mecánica en suelo sin clasificar, la misma que indicará la entidad, administración, obra, contratista, fiscalizador y otros puntos relacionados a la obra, ordenados y aceptados por la Fiscalización.

La medición de las excavaciones a mano o mecánica será establecida por los volúmenes delimitados por la línea del terreno antes de iniciar las excavaciones y por las líneas teóricas de excavación mostradas en los planos, o definidas por la Fiscalización. Se medirá y pagará por metro cúbico excavado, sin considerar deslizamientos, desprendimientos o derrumbes que se consideren errores o negligencia del Contratista.

6.19 Hormigón ciclópeo

Descripción del rubro

La piedra para hormigón ciclópeo deberá provenir de depósitos naturales o de canteras; será de calidad aprobada, sólida, resistente y durable, exenta de defectos que afecten a su resistencia, y estará libre de material vegetal, tierra u otros materiales objetables. Toda piedra alterada por la acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada.

Procedimiento de trabajo.

La piedra para hormigón ciclópeo tendrá una densidad mínima de 2.3 gr/cm³, y no presentará un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Norma INEN 861, luego de 500 vueltas de la

máquina de Los Ángeles.

La piedra para hormigón ciclópeo no arrojará una pérdida de peso mayor al 12%, determinada en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 800 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio. El tamaño de las piedras deberá ser tal que en ningún caso supere el 25% de la menor dimensión de la estructura a construirse. El volumen de piedras incorporadas no excederá del 50% del volumen de la obra o elemento que se está construyendo con este material.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cubico (m3), estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias

6.20 Tubería PVC D=315 mm, para drenaje

Descripción del rubro

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de tuberías de PVC, de las clases, tamaños y dimensiones estipulados en los documentos contractuales. Serán instalados en los lugares señalados en los planos o fijados por el Fiscalizador, de acuerdo con las presentes

especificaciones y de conformidad con los alineamientos y pendientes indicados. Los tubos de PVC deberán ser de sección circular y fabricados según la NORMA NTE INEN 2059 primera revisión.

Procedimiento de trabajo.

El tubo de PVC y los materiales para su instalación deberán satisfacer los requerimientos.

Excavación y relleno: La excavación y relleno deberá realizarse de acuerdo con lo estipulado en este numeral, en los planos, en los manuales de instalación proporcionados por el fabricante de la tubería. Dependiendo de la estabilidad del suelo y de la profundidad a la que se debe instalar la tubería, la zanja deberá ser lo suficientemente ancha para permitir a los instaladores trabajar en condiciones de seguridad.

Instalaciones de Drenaje: la tubería de manera alternada a cada lado del tubo para evitar ovalamiento. Se debe utilizar para ello material granular fino o material de excavación, si este es de buena calidad, retirando el material grueso mayor a 5 cm. La compactación se hará manualmente y no será menor al 95% de la densidad máxima de laboratorio, en la compactación de cada capa. Este tipo de relleno se continuará hasta una altura no menor de 40 cm sobre la corona del tubo

en capas de 20 cm cada una. La instalación con templadores o tecles se debe hacer de forma coordinada de tal manera que ingrese el tubo uniformemente en la unión, hasta llegar a la señal previamente marcada en el contorno del tubo. Para conseguir una junta hermética con estructuras de hormigón, se debe crear rugosidad artificial con grava lavada de entre 5 a 10 mm de diámetro. La parte del tubo que quedará embebida en el hormigón se lija y prepara con acondicionador de superficie de PVC, se coloca soldadura de PVC, sobre la que se pone grava. Esta preparación se debe realizar 24 horas antes de su fundición con hormigón.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por tubería de PVC de doble pared estructurada serán los metros lineales, medidos en la obra, de trabajos ordenados y aceptablemente ejecutados. La medición se efectuará a lo largo de la tubería instalada y a las instrucciones del Fiscalizador, cualquier exceso no autorizado no será pagado. Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

6.21 Suministro e instalación de colector PVC, D=200mm

Descripción del rubro.

Comprende el suministro en obra o bodegas, según especifique Fiscalizador, de las tuberías para sistemas de Alcantarillado sanitario de acuerdo a especificaciones técnicas y demás requerimientos definidos para cada proyecto.

Las tuberías serán de PVC rígido con superficie interior y exterior lisa, o superficie interior lisa y exterior corrugada, con uniones de cementado solvente o con sellos de caucho o elastómeros y cumplirán las especificaciones de fabricación, pruebas y ensayos.

Se entiende por instalación de tuberías de alcantarillado, el conjunto de operaciones que realizará el Contratista para colocar en los lugares que señale el proyecto y/o el Fiscalizador, las tuberías que se requieran en la construcción de redes de aguas servidas, de acuerdo a los distintos tipos de material antes indicados y en correspondencia a los alineamientos, profundidades y demás requerimientos técnicos de los diseños y éstas especificaciones.

Las operaciones de instalación incluyen el transporte de la tubería desde fábrica o desde los sitios establecidos por Fiscalizador, la carga

y descarga a los camiones que la transportarán hasta el lugar de su colocación, las maniobras y acarreos locales, para distribuirla a lo largo de la zanja, la operación de bajada de la tubería a las zanjas, la conexión correspondiente, de acuerdo a los alineamientos, cotas del proyecto, las pruebas continuidad y estanqueidad, hasta su aceptación por parte de FISCALIZADOR.

Procedimiento de trabajo.

Para la instalación de la tubería tanto la excavación de zanja como el relleno deben estar de acuerdo con la norma ASTM D 2321.

Es recomendable que la zanja sea lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad.

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (ml) de suministro e instalación de colector PVC, el mismo que indicará el Personal a cargo del Proyecto.

Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas necesarias para la ejecución de los trabajos estará a

entera satisfacción de la Fiscalización.

6.22 Imprimación Asfáltica

Descripción del rubro

Este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso, con aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado sobre la superficie de una base o sub-base, que deberá hallarse con los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos. En la aplicación del riego de imprimación está incluida la limpieza de la superficie inmediatamente antes de dicho riego bituminoso. Comprenderá también el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber excesos en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación de vehículos o maquinaria, antes de colocar la capa de rodadura.

Procedimiento de trabajo.

El riego de imprimación podrá aplicarse solamente si la superficie cumple con todos los requisitos pertinentes de densidad y acabado. Inmediatamente antes de la distribución de asfalto deberá ser barrida y mantenerse limpia de cualquier material extraño; el Fiscalizador podrá

disponer que se realice un ligero riego de agua antes de la aplicación del asfalto. El asfalto para imprimación será distribuido uniformemente sobre la superficie preparada, que deberá hallarse seca o ligeramente húmeda. La distribución se efectuará en una longitud determinada y dividiendo el ancho en dos o más fajas, a fin de mantener el tránsito en la parte de vía no imprimada.

Para evitar superposición en los empalmes longitudinales, se colocará un papel grueso al final de cada aplicación, y las boquillas del distribuidor deberán cerrarse instantáneamente al terminar el riego sobre el papel. De igual manera, para comenzar el nuevo riego se colocará el papel grueso al final de la aplicación anterior, para abrir las boquillas sobre él y evitar el exceso de asfalto en los empalmes. La distribución no deberá efectuarse cuando el tiempo esté nublado, lluvioso o con amenaza de lluvia inminente. La temperatura de aplicación estará en concordancia con el grado del asfalto.

Medición y Forma de Pago

Para efectuar el pago por el riego de imprimación deberán considerarse separadamente las cantidades de asfalto y de arena realmente empleadas y aceptadas por el Fiscalizador. La unidad de medida para el asfalto será el litro y la medición se efectuará reduciendo el volumen

empleado a la temperatura de la aplicación, al volumen a 15.6 °C. La cantidad de arena empleada será medida en metros cúbicos.

Las cantidades de obra que hayan sido se pagarán a los precios señalados en el contrato, considerando los rubros abajo designados. Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación previa de la superficie por imprimarse; el suministro, transporte, calentamiento y distribución del material asfáltico; el suministro, transporte y distribución de la arena para protección y secado; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la realización del trabajo descrito en esta sección.

6.23 Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico

Descripción de rubro

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente.

El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. El cemento asfáltico que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad y los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral.

Procedimiento de trabajo.

Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico utilizadas por el Contratista, podrán ser continuas o por paradas, y deberán cumplir los requisitos que se establezcan más adelante para cada una de ellas específicamente, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

- Equipo para manejo del asfalto: Los tanques para almacenamiento del asfalto deberán estar equipados con serpentines de circulación de vapor o aceite que permitan un calentamiento seguro, sin que existan probabilidades de producirse incendios u otros accidentes; y con dispositivos que posibiliten un control efectivo de temperaturas en cualquier momento.

Secador: La planta deberá estar equipada con un horno secador rotativo para agregados, dispondrá de dispositivos para medición de la temperatura de los agregados al salir del horno, que trabajen con un máximo de error de 5 °C.

Cribas y tolvas de recepción: La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción. Los tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado.

Dispositivos para dosificación del asfalto: La planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra. El asfalto medido, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora.

Colector de polvo: La planta estará equipada con un colector de polvo de tipo ciclón que recolecte el polvo producido en el proceso de alimentación y mezclado. Este colector estará diseñado en forma de poder devolver, en caso necesario, el polvo recolectado o parte de él a la mezcladora, o de conducirlo al exterior a un lugar protegido para no causar contaminación ambiental.

Laboratorio de campo: Se deberá contar con el equipo necesario para poder realizar ensayos de la categoría 1 con el objetivo de que antes de descargar el cemento asfáltico a los reservorios desde el tanquero-cisterna este sea evaluado y certificado. Se contará también con el equipo necesario para evaluar la composición de las mezclas y la temperatura de fabricación de las mismas.

Medidas de seguridad: Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta, serán los metros

cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

El pago constituirá la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos.

6.24 Aceras de Hormigón Clase B $f_c=210$ kg/cm²

Descripción de rubro

Este trabajo consistirá en la construcción de aceras, bordillos de hormigón, pavimentación de islas divisorias y entradas particulares, también comprenderá la construcción de bordillos y cunetas

combinados. Si no se indica de otra manera en los planos, el hormigón a utilizarse será clase B.

Procedimiento de trabajo

Preparación del cimiento.- La subrasante o lecho de cimentación deberá ser terminada de acuerdo con la pendiente y la sección transversal estipuladas. Antes de colocar el hormigón la superficie del cimiento deberá ser humedecida y bien compactada.

Encofrado.- El encofrado deberá ser liso y lubricado por el lado en contacto con el hormigón y en el canto superior, y deberá ser lo suficientemente rígido para soportar la presión del hormigón plástico, sin deformarse.

Construcción de bordillos de hormigón.- Al construirse los bordillos se deberá dejar vacíos en los sitios de las entradas particulares, de acuerdo con los detalles indicados en los planos y las instrucciones del Fiscalizador.

Instalaciones de Drenaje y Alcantarillado.- espaciamiento de 18 metros y en ambos lados de las estructuras, las juntas serán rellenas con material que cumpla los requisitos y deberán ser perpendiculares a la línea del bordillo.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por construcción con hormigón de cemento Portland de aceras, bordillos, islas divisorias y entradas, serán cantidades medidas en la obra de trabajos ordenados y aceptablemente ejecutados. La unidad de medida será el metro lineal para bordillos del tipo requerido en los planos.

Las cantidades determinadas en la forma indicada, se pagarán a los precios contractuales para los rubros abajo designados, que consten en el contrato y para los otros rubros correspondientes. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, transporte, mezclado y colocación de todos los materiales requeridos para la construcción de bordillos, aceras, islas divisorias, entradas y otras obras de pavimentación menores, incluyendo la construcción y retiro de encofrados, la construcción de juntas y el curado del hormigón, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas.

6.25 Suelo – cemento tendido y compactado

Descripción del rubro.

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas de agregados triturados o cribados, o de una combinación de ambos, cemento Portland y agua, mezclados en una planta central o sobre el camino. Se llevará a cabo para mejorar las características mecánicas de los agregados. La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada que se halle dentro de las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos contractuales.

Procedimiento de trabajo.

Los agregados deberán hallarse uniformemente graduados dentro de los límites granulométricos, los materiales bien graduados contendrán entre un 55% y un 65% de agregado grueso retenido en el tamiz N° 4. El aglutinante para la mezcla estará constituido por cemento Portland tipo I o tipo II.

Por lo general, el equipo mínimo necesario según el procedimiento de construcción, contará con planta de trituración o de cribado; planta dosificadora-mezcladora para la incorporación del cemento,

mezcladoras móviles o rastras de discos, motoniveladoras, equipo de transporte, distribuidoras de base, tanqueros para hidratación, rodillos lisos de tres ruedas, rodillos vibratorios y neumáticos.

Preparación de la Sub-base.- La superficie de la sub-base deberá hallarse terminada, libre de cualquier material extraño antes de iniciar el transporte del material de base a la vía, y antes del tendido de la mezcla de base deberá ser humedecida uniforme y convenientemente, evitando cualquier exceso que cause daños en la superficie.

Estructura del Pavimento: Antes de proceder a la construcción completa de esta capa de base el Contratista deberá realizar un tramo de prueba de un kilómetro de longitud aproximadamente, este tramo de prueba será revisado y analizado cuidadosamente por el Contratista y por el Fiscalizador, durante por lo menos 30 días, después de lo cual, se tomará la decisión más conveniente para garantizar la calidad y eficiencia de la base que se construirá.

Mezclado y Tendido.- La mezcla de los agregados, cemento y agua, podrá ser realizada en planta o en el camino, de acuerdo con lo determinado en los documentos contractuales. En todo caso, el Fiscalizador no autorizará la iniciación del trabajo antes de que el Contratista haya estudiado y presentado a su aprobación el diseño y

fórmula de trabajo en la que se indique la granulometría de los agregados y establezca el contenido de cemento, el contenido de agua para la mezcla y compactación, la densidad mínima y la resistencia mínima a la compresión simple.

Mezcla en planta: En caso de utilizarse la mezcla en planta, deberá usarse una planta dosificadora-mezcladora provista de tolvas, sistema de dosificación de los agregados, el cemento y el agua, mezcladora de paletas o de tambor, que pueda trabajar por paradas o mezcla continua y con dosificaciones al peso.

Mezcla en sitio: El mezclado de los agregados, cemento y agua puede ser realizado también sobre el camino, en cuyo caso se deberá transportar al sitio el agregado grueso que será tendido en una capa de ancho y espesor uniforme a lo largo de la vía, sobre la cual se distribuirá el agregado fino en otra capa uniforme en la proporción necesaria.

Desde el inicio de la colocación de la mezcla de base en la vía, con cualquiera de los métodos empleados, hasta la terminación de la compactación, deberá suspenderse toda circulación de vehículos y equipo que no sea el directamente requerido en cada fase de la obra.

Compactación.- Una vez completado el tendido y la conformación de la capa de base, deberá procederse a la compactación, la cual será terminada dentro de un lapso máximo de dos horas a partir del mezclado e hidratación final. Al efecto, se utilizarán rodillos lisos de 8 a 12 toneladas, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente o mayor, rodillos neumáticos u otro tipo de compactadores aprobados.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por la base de agregados estabilizados con cemento Portland, serán el volumen ejecutado de la capa de base, la cantidad de cemento empleada en la obra de acuerdo al diseño, y el asfalto empleado para el curado, todo de acuerdo a las estipulaciones contractuales y a las instrucciones del Fiscalizador. La unidad de medida de la base efectivamente construida bajo estas especificaciones, será el metro cúbico, y el volumen será medido después de la compactación, en base a la longitud construida, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal especificada en los planos y aceptada por el Fiscalizador. Las cantidades determinadas se pagarán a los precios señalados en el contrato para los rubros designados. Estos precios y pago constituirán la compensación total por la preparación y suministro de los agregados,

mezcla, transporte, distribución, incorporación y mezclado del cemento, tendido, hidratación, conformación, compactación y curado de la capa de base; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la realización completa de los trabajos.

6.26 Marcas de Pavimento - (Pintura amarilla retroreflectiva línea continua 15 cm)

Descripción del rubro

Esta especificación establece los requisitos que deben cumplir las pinturas empleadas en las obras viales y las estructuras conexas. La pintura deberá ser homogénea, libre de contaminantes y de una consistencia adecuada al uso propuesto y al sistema de aplicación establecido. La pintura deberá tener un fondo adecuado y el pigmento no se sedimentará ni formará gránulos. Toda la pintura podrá ser mezclada totalmente, para cumplir lo antes establecido, sin que se permita el uso de cualquier envase que luego del remezclado se presente defectuosa, con grumos o de consistencia tal que dificulte su aplicación.

Procedimiento de trabajo

A menos que en las disposiciones especiales se indique otro procedimiento, la pintura deberá ser muestreada y ensayada en la fábrica, luego de lo cual se entregará en la obra adjuntando los certificados de cumplimiento. En todo caso, no se permitirá la aplicación de la pintura, sino después de que haya sido aprobada por el Fiscalizador.

La pintura debe envasarse en recipientes de material adecuado, que permitan conservar la calidad del producto, hasta su empleo, así como su manejo hasta el destino final. Todo envase debe presentar un rótulo claramente legible que, además de la marca y detalles del producto, señale su contenido neto, instrucciones de uso, y las precauciones a tomarse o la toxicidad del producto.

Pinturas para Señalamiento del Tránsito.- La pintura empleada para señalamiento del tránsito será del tipo apropiado para la aplicación en superficies que soportan tráfico, tales como pavimentos rígidos y flexibles, adoquines y mampostería o muros de hormigón de cemento Portland. Se aceptará solamente pintura de color blanco o amarillo para este propósito, la cual debe cumplir lo establecido en la norma INEN 1.042

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (m), la misma que indicará la entidad a cargo del proyecto.

6.27 Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva continua 15 cm)

Descripción del rubro

Esta especificación establece los requisitos que deben cumplir las pinturas empleadas en las obras viales y las estructuras conexas. La pintura deberá ser homogénea, libre de contaminantes y de una consistencia adecuada al uso propuesto y al sistema de aplicación establecido. La pintura deberá tener un fondo adecuado y el pigmento no se sedimentará ni formará gránulos. Toda la pintura podrá ser mezclada totalmente, para cumplir lo antes establecido, sin que se permita el uso de cualquier envase que luego del remezclado se presente defectuosa, con grumos o de consistencia tal que dificulte su aplicación.

Procedimiento de trabajo

A menos que en las disposiciones especiales se indique otro procedimiento, la pintura deberá ser muestreada y ensayada en la

fábrica, luego de lo cual se entregará en la obra adjuntando los certificados de cumplimiento. En todo caso, no se permitirá la aplicación de la pintura, sino después de que haya sido aprobada por el Fiscalizador.

La pintura debe envasarse en recipientes de material adecuado, que permitan conservar la calidad del producto, hasta su empleo, así como su manejo hasta el destino final. Todo envase debe presentar un rótulo claramente legible que, además de la marca y detalles del producto, señale su contenido neto, instrucciones de uso, y las precauciones a tomarse o la toxicidad del producto.

Pinturas para Señalamiento del Tránsito.- La pintura empleada para señalamiento del tránsito será del tipo apropiado para la aplicación en superficies que soportan tráfico, tales como pavimentos rígidos y flexibles, adoquines y mampostería o muros de hormigón de cemento Portland. Se aceptará solamente pintura de color blanco o amarillo para este propósito, la cual debe cumplir lo establecido en la norma INEN 1.042

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (m), la misma

que indicará la entidad a cargo del proyecto.

6.28 Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva entrecortada 15 cm)

Descripción del rubro

Esta especificación establece los requisitos que deben cumplir las pinturas empleadas en las obras viales y las estructuras conexas. La pintura deberá ser homogénea, libre de contaminantes y de una consistencia adecuada al uso propuesto y al sistema de aplicación establecido. La pintura deberá tener un fondo adecuado y el pigmento no se sedimentará ni formará gránulos. Toda la pintura podrá ser mezclada totalmente, para cumplir lo antes establecido, sin que se permita el uso de cualquier envase que luego del remezclado se presente defectuosa, con grumos o de consistencia tal que dificulte su aplicación.

Procedimiento de trabajo

A menos que en las disposiciones especiales se indique otro procedimiento, la pintura deberá ser muestreada y ensayada en la fábrica, luego de lo cual se entregará en la obra adjuntando los certificados de cumplimiento. En todo caso, no se permitirá la aplicación

de la pintura, sino después de que haya sido aprobada por el Fiscalizador.

La pintura debe envasarse en recipientes de material adecuado, que permitan conservar la calidad del producto, hasta su empleo, así como su manejo hasta el destino final. Todo envase debe presentar un rótulo claramente legible que, además de la marca y detalles del producto, señale su contenido neto, instrucciones de uso, y las precauciones a tomarse o la toxicidad del producto.

Pinturas para Señalamiento del Tránsito.- La pintura empleada para señalamiento del tránsito será del tipo apropiado para la aplicación en superficies que soportan tráfico, tales como pavimentos rígidos y flexibles, adoquines y mampostería o muros de hormigón de cemento Portland. Se aceptará solamente pintura de color blanco o amarillo para este propósito, la cual debe cumplir lo establecido en la norma INEN 1.042

Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro lineal (m), la misma que indicará la entidad a cargo del proyecto.

6.29 Señal Reglamentaria (0,90mx0,90m), inc. Instalación

Descripción del rubro

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales completas, adyacentes a la carretera, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales, el Manual de Señalización del MOP y las instrucciones del Fiscalizador. Las placas o paneles para señales al lado de la carretera serán montados en postes metálicos que cumplan las exigencias correspondientes a lo especificado en la Sección 830. Serán instaladas en las ubicaciones y con la orientación señalada en los planos.

Procedimiento de trabajo

Los postes y astas se colocarán en huecos cavados a la profundidad requerida para su debida sujeción, conforme se indique en los planos. El material sobrante de la excavación será depositado de manera uniforme a un lado de la vía, como lo indique el Fiscalizador. El eje central de los postes o astas deberán estar en un plano vertical, con una tolerancia que no exceda de 6 milímetros en tres metros. El espacio anular alrededor de los postes se rellenará hasta el nivel del terreno con suelo seleccionado en capas de aproximadamente 10 centímetros de

espesor, debiendo ser cada capa humedecida y compactada a satisfacción del Fiscalizador, o con hormigón de cemento Portland, de acuerdo a las estipulaciones de los planos o a las especificaciones especiales.

Instalaciones para control del tránsito y uso de la zona del camino, cuando se utilicen láminas reflectivas, el color especificado será conforme a los requerimientos aplicables a la AASHTO M 268 y se colocará en superficies exteriores lisas. Tendrá que ser visible a una distancia no menor de 100 m.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por las señales colocadas al lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas e instaladas. Las cantidades determinadas, se pagarán al precio contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, fabricación, transporte e instalación de las señales colocadas al lado de carreteras, que incluye los postes, herraje, cimentaciones y mensajes, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas.

6.30 Señal Informativa de destino (3.25mx2.40m), inc. Instalación

Descripción del rubro

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales completas, adyacentes a la carretera, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales, el Manual de Señalización del MOP y las instrucciones del Fiscalizador. Las placas o paneles para señales al lado de la carretera serán montados en postes metálicos que cumplan las exigencias correspondientes a lo especificado en la Sección 830. Serán instaladas en las ubicaciones y con la orientación señalada en los planos.

Procedimiento de trabajo

Los postes y astas se colocarán en huecos cavados a la profundidad requerida para su debida sujeción, conforme se indique en los planos. El material sobrante de la excavación será depositado de manera uniforme a un lado de la vía, como lo indique el Fiscalizador. El eje central de los postes o astas deberán estar en un plano vertical, con una tolerancia que no exceda de 6 milímetros en tres metros. El espacio anular alrededor de los postes se rellenará hasta el nivel del terreno con suelo seleccionado en capas de aproximadamente 10 centímetros de

espesor, debiendo ser cada capa humedecida y compactada a satisfacción del Fiscalizador, o con hormigón de cemento Portland, de acuerdo a las estipulaciones de los planos o a las especificaciones especiales.

Instalaciones para control del tránsito y uso de la zona del camino, cuando se utilicen láminas reflectivas, el color especificado será conforme a los requerimientos aplicables a la AASHTO M 268 y se colocará en superficies exteriores lisas. Tendrá que ser visible a una distancia no menor de 100 m.

6.31 Señal Preventiva, inc. Instalación

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por las señales colocadas al lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas e instaladas. Las cantidades determinadas, se pagarán al precio contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, fabricación, transporte e instalación de las señales colocadas al lado de carreteras, que incluye los postes, herraje,

cimentaciones y mensajes, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas.

Descripción del rubro

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales completas, adyacentes a la carretera, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales, el Manual de Señalización del MOP y las instrucciones del Fiscalizador. Las placas o paneles para señales al lado de la carretera serán montados en postes metálicos que cumplan las exigencias correspondientes a lo especificado en la Sección 830. Serán instaladas en las ubicaciones y con la orientación señalada en los planos.

Procedimiento de trabajo

Los postes y astas se colocarán en huecos cavados a la profundidad requerida para su debida sujeción, conforme se indique en los planos. El material sobrante de la excavación será depositado de manera uniforme a un lado de la vía, como lo indique el Fiscalizador. El eje central de los postes o astas deberán estar en un plano vertical, con una tolerancia que no exceda de 6 milímetros en tres metros. El espacio anular alrededor de los postes se rellenará hasta el nivel del terreno con

suelo seleccionado en capas de aproximadamente 10 centímetros de espesor, debiendo ser cada capa humedecida y compactada a satisfacción del Fiscalizador, o con hormigón de cemento Portland, de acuerdo a las estipulaciones de los planos o a las especificaciones especiales.

Instalaciones para control del tránsito y uso de la zona del camino, cuando se utilicen láminas reflectivas, el color especificado será conforme a los requerimientos aplicables a la AASHTO M 268 y se colocará en superficies exteriores lisas. Tendrá que ser visible a una distancia no menor de 100 m.

Medición y Forma de Pago

Las cantidades a pagarse por las señales colocadas al lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas e instaladas. Las cantidades determinadas, se pagarán al precio contractual para el rubro abajo designado y que conste en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, fabricación, transporte e instalación de las señales colocadas al lado de carreteras, que incluye los postes, herraje, cimentaciones y mensajes, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

1. El diseño con tuberías de PVC, por el coeficiente de rugosidad que es menor al del hormigón, se lograron menores excavaciones, cumpliendo los parámetros requeridos en la norma.
2. Mientras que en la alternativa número 2, no fue un diseño óptimo, de acuerdo a presupuesto ofertado, debido a la gran cantidad de movimiento de tierra que el mismo generaba para su correcto funcionamiento.

3. Se necesitó un gran número de cámaras de inspección para el diseño de sistema de alcantarillado de aguas residuales debido a la irregularidad del terreno, en varios sectores, proporcionando así menor cantidad de caudal en algunos pozos para poder abastecer el área de aportación planteada por predios.
4. El desarrollo de vías urbanas en la comunidad de Engabao, es una alternativa para el crecimiento socioeconómico de la misma, el diseño de pavimento semirrígido utilizado tiene un presupuesto ofertado viable por lo que se puede llevar a cabo su construcción
5. La implementación de un sistema de aguas lluvias superficiales a la estructura de la calzada, basándose en un caudal de escorrentía acumulado es una alternativa sustentable con el medio ambiente, ya que se reduce el impacto sobre el suelo por la implementación de tuberías en el caso de un sistema de aguas lluvias convencional, así como una reducción de costos que conlleva dicha implementación.
6. El sistema de tratamiento escogido por su bajo costo y facilidad de implementación fue el de lagunas de oxidación, teniendo un buen porcentaje de remoción de coliformes y de DBO, además de

acuerdo a la zona de implementación, la misma poseía el área requerida para su construcción.

7. La tercera alternativa correspondiente a los humedales domiciliarios es la más adecuada y la escogida para una localidad rural, ya que requiere bajos costos de implementación, así como buenos porcentajes de remoción. Y es adecuada para el clima y tipo de terreno de la zona de estudio.

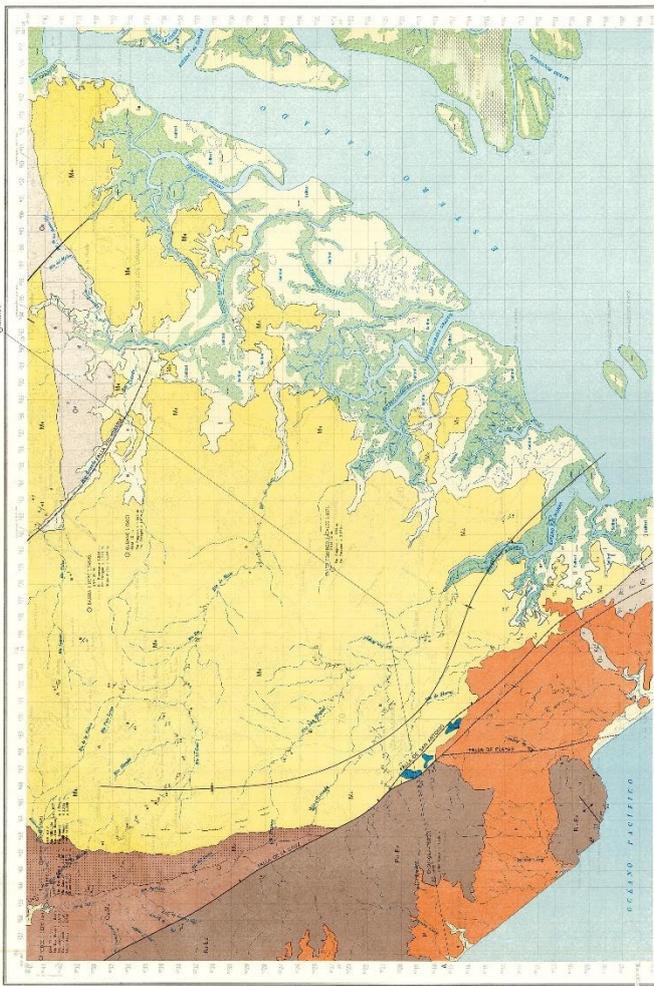
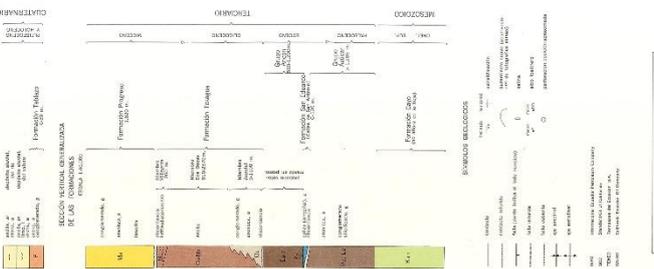
7.2 Recomendaciones

1. Es importante tener presente el factor socioeconómico de la zona de estudio, ya que en este caso incluye en gran escala a la elección de la alternativa de menor costo.
2. Se recomienda analizar las características del terreno si se quisiera realizar proyectos de riego, ya que Engabao cuenta con una topografía muy irregular, lo que dificulta en las grandes excavaciones que se tienen que realizar.
3. En el caso de implementación del sistema de aguas lluvias superficial, se recomienda que los pobladores tengan un buen sistema de limpieza urbana, ya que así se evita la reducción y la capacidad de las cunetas, por la reducción del área de la misma.
4. Para los humedales residenciales se deberán limpiar los depósitos sedimentadores con el fin de que estos cumplan con su cometido de manera eficiente, y así el efluente pase al humedal con la menor cantidad de lodos disueltos.

ANEXOS

ANEXO A

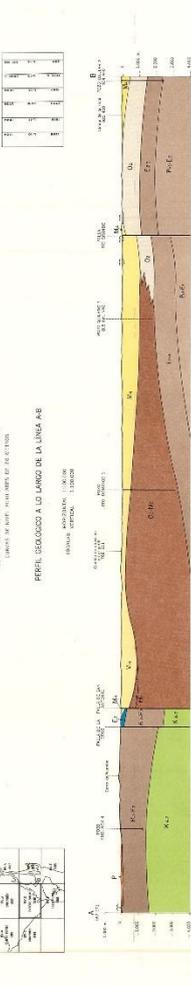
INFORMACIÓN DISPONIBLE



MAPA GEOLOGICO DEL ECUADOR, ESCALA 1:100,000, HOJA 17, ESTERO SALADO. Elaborado por el Servicio Geologico del Ecuador, en base a los datos de campo y a los trabajos de gabinete realizados por el personal de la Oficina de Estudios Geologicos, durante el periodo de 1970 a 1975. El presente mapa fue elaborado en el mes de Agosto de 1975.

El presente mapa fue elaborado en base a los datos de campo y a los trabajos de gabinete realizados por el personal de la Oficina de Estudios Geologicos, durante el periodo de 1970 a 1975. El presente mapa fue elaborado en el mes de Agosto de 1975.

SECCION GEOLOGICA A LO LARGO DE LA LINEA AB



SECCION GEOLOGICA A LO LARGO DE LA LINEA BC



SECCION GEOLOGICA A LO LARGO DE LA LINEA CD

SECCION GEOLOGICA A LO LARGO DE LA LINEA DE

SECCION GEOLOGICA A LO LARGO DE LA LINEA EF

ANEXO B

INFORMACIÓN GENERADA

ANEXO C

PLANOS

ANEXO D

PRESUPUESTOS

ALTERNATIVA 1: SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS SERVIDAS CON TUBERÍAS DE PVC

| Rubro N° | DESCRIPCIÓN DEL RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|----------|--|--------|------------|-----------------|---------------------|
| | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 596,488.30 |
| 1.1 | Desbroce, desbosque y limpieza | há | 13.84 | 323.93 | 4,483.14 |
| 1.2 | Trazado y Replanteo | m2 | 582,400.00 | 0.25 | 145,600.00 |
| 1.3 | Excavacion sin clasificar | m3 | 38,137.50 | 1.15 | 43,858.13 |
| 1.4 | Desalojo de Materiales | m3-km | 41,951.25 | 0.25 | 10,487.81 |
| 1.5 | Excavación y Relleno para estructuras | m3 | 13,146.82 | 5.81 | 76,397.26 |
| 1.6 | Material de préstamo importado | m3 | 681.37 | 2.70 | 1,839.70 |
| 1.7 | Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m) | m3-km | 680.42 | 0.25 | 170.11 |
| 1.8 | Transporte de material de préstamo importado | m3-km | 1,601.58 | 0.25 | 400.40 |
| 1.9 | Excavación y desalojo de zanja para tubería | m3 | 21294.8725 | 9.86 | 209,967.44 |
| 1.10 | Relleno compactado al 95% del Proctor modificado con material del sitio. | m3 | 20805.12 | 4.68 | 97,367.96 |
| 1.11 | Relleno de arena | m3 | 282 | 20.98 | 5,916.36 |
| | DRENAJE | | | | 1,395,776.20 |
| 2.1 | Excavación para cunetas y encauzamientos | m3 | 2,629.36 | 3.84 | 10,096.76 |
| 2.2 | Hormigón ciclópeo (salida alcantarillas) | m3 | 47.32 | 83.37 | 3,945.07 |
| 2.3 | Bordillo cuneta Hormigon Simple clase C f c=210kg/cm2 | m | 9,609.50 | 34.34 | 330,007.01 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 2800 L | U | 3.00 | 490.50 | 1,471.50 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 5000 L | U | 5.00 | 680.40 | 3,402.00 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 1200 L | U | 6.00 | 305.20 | 1,831.20 |
| 2.4 | Tubería PVC d=315 mm., para drenaje | m | 371.00 | 36.78 | 13,645.38 |
| 2.8 | Caja de paso | u | 1 | 999.14 | 999.14 |
| 2.9 | Caja de Distribucion de Flujo | u | 1 | 1352.52 | 1352.52 |
| 2.10 | Caja Vertedero | u | 1 | 959.55 | 959.55 |
| 2.11 | Suministro e instalación de colector PVC, D= 200 mm | ML | 4,700.00 | 19.26 | 90,522.00 |
| 2.12 | Suministro e instalación de Redes de PVC Desague ø 110mm (incl. accesorios) | ML | 9,475.32 | 14.97 | 141,845.54 |
| 2.13 | Cajas de registro AASS de HS, cuello de HA y tapa de HA (50x50) | U | 525.00 | 1495.45 | 785,111.25 |
| 2.14 | Cámara de inspección HA D=900 mm | U | 53.00 | 199.76 | 10,587.28 |
| | SISTEMA DE BOMBEO | | | | 5,081.04 |
| 3.1 | Suministro e Instalación de equipo de bombeo (incluye 2 bombas, y accesorios) | U | 1 | 3993.28 | 3,993.28 |
| 3.2 | Red de sistema de bombeo | Global | 1 | 1087.76 | 1,087.76 |
| | CALZADA | | | | 1,275,092.04 |
| 4.1 | Asfalto RC para imprimación (1.50 lt/m2) | lt | 90,123.36 | 0.54 | 48,666.61 |
| 4.2 | Capa de rodadura de hormigon asfaltico mezclado en planta e=5cm | m2 | 60,082.24 | 6.09 | 365,900.84 |
| 4.3 | Aceras de hormigon clase B f c=210 kg/cm2 | m2 | 21,354.44 | 23.16 | 494,568.88 |
| 4.4 | Suelo-cemento: tendido y compactado 8% de cemento | m3 | 9,314.22 | 39.29 | 365,955.70 |
| | IMPERMEABILIZACION | | | | 28,314.00 |
| 5.2 | Geotextil NT 1600 | m2 | 19,800.00 | 1.43 | 28314 |
| | SEÑALIZACION | | | | 47,302.43 |
| 6.1 | Marcas de Pavimento - (Pintura amarilla retroreflectiva línea continua 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.2 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva contua 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.3 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva entrecortada 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.4 | Señal Reglamentaria (0,90mx0,90m), inc instalacion | U | 44.00 | 213.13 | 9,377.72 |
| 6.5 | Señal informativa de destino (3,25m x 2,40m) Inc. Instalacion | U | 1.00 | 471.29 | 471.29 |
| 6.6 | Señal Preventiva , Inc. Insalacion | U | 57.00 | 213.13 | 12,148.41 |
| | RUBROS AMBIENTALES | | | | 4,500.00 |
| | Estudio de Impacto Ambiental | global | 1.00 | 4500.00 | 4,500.00 |
| | OTROS | | | | 1,980.00 |
| 7.1 | Remocion de edificaciones, casas y otras construcciones | M2 | 400.00 | 4.95 | 1,980.00 |
| | TOTAL: | | | | 3,354,534.01 |

ALTERNATIVA 1: SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS SERVIDAS CON TUBERÍAS DE H.S.

| Rubro N° | DESCRIPCIÓN DEL RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|---------------|--|--------|------------|-----------------|---------------------|
| | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 678,243.69 |
| 1.1 | Desbroce, desbosque y limpieza | há | 13.84 | 323.93 | 4,483.14 |
| 1.2 | Trazado y Replanteo | m2 | 582,400.00 | 0.25 | 145,600.00 |
| 1.3 | excavacion sin clasificar | m3 | 38,137.50 | 1.15 | 43,858.13 |
| 1.4 | Desalojo de Materiales | m3-km | 41,951.25 | 0.25 | 10,487.81 |
| 1.5 | Excavación y Relleno para estructuras | m3 | 13,146.82 | 5.81 | 76,397.26 |
| 1.6 | Material de préstamo importado | m3 | 681.37 | 2.70 | 1,839.70 |
| 1.7 | Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m) | m3-km | 680.42 | 0.25 | 170.11 |
| 1.8 | Transporte de material de prestamo importado | m3-km | 1,601.58 | 0.25 | 400.40 |
| 1.9 | Excavación y desalojo de zanja para tubería | m3 | 27,287.00 | 9.86 | 269,049.82 |
| 1.10 | Relleno compactado al 95% del Proctor modificado con material del sitio. | m3 | 25,649.78 | 4.68 | 120,040.97 |
| 1.11 | Relleno de arena | m3 | 282.00 | 20.98 | 5,916.36 |
| | DRENAJE | | | | 1,437,230.20 |
| 2.1 | Excavación para cunetas y encauzamientos | m3 | 2,629.36 | 3.84 | 10,096.76 |
| 2.2 | Hormigón ciclópeo (salida alcantarillas) | m3 | 47.32 | 83.37 | 3,945.07 |
| 2.3 | Bordillo cuneta Hormigon Simple clase C f c=210kg/cm2 | m | 9,609.50 | 34.34 | 330,007.01 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 2800 L | U | 3.00 | 490.50 | 1,471.50 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 5000 L | U | 5.00 | 680.40 | 3,402.00 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 1200 L | U | 6.00 | 305.20 | 1,831.20 |
| 2.4 | Tubería PVC d=315 mm, para drenaje | m | 371.00 | 36.78 | 13,645.38 |
| 2.8 | Caja de paso | u | 1 | 999.14 | 999.14 |
| 2.9 | Caja de Distribucion de Flujo | u | 1 | 1352.52 | 1352.52 |
| 2.10 | Caja Vertedero | u | 1 | 959.55 | 959.55 |
| 2.12 | Suministro e instalación de Redes de PVC Desague ø 110mm (incl. accesorios) | ML | 9475.32 | 14.97 | 141,845.54 |
| 2.13 | Cajas de registro AASS de HS, cuello de HA y tapa de HA (50x50) | U | 525 | 1495.45 | 785,111.25 |
| 2.14 | Cámara de inspección HA D=900 mm | U | 53 | 199.76 | 10,587.28 |
| 2.15 | Suministro e instalación de colector PVC, D= 300 mm | ML | 4700 | 28.08 | 131,976.00 |
| | SISTEMA DE BOMBEO | | | | 5,081.04 |
| 3.1 | Suministro e Instalación de equipo de bombeo (incluye 2 bombas, y accesorios) | U | 1.00 | 3993.28 | 3,993.28 |
| 3.2 | Red de sistema de bombeo | Global | 1.00 | 1087.76 | 1,087.76 |
| | CALZADA | | | | 1,275,092.04 |
| 4.1 | Asfalto RC para imprimación (1.50 lt/m2) | lt | 90,123.36 | 0.54 | 48,666.61 |
| 4.2 | Capa de rodadura de hormigon asfaltico mezclado en planta e=5cm | m2 | 60,082.24 | 6.09 | 365,900.84 |
| 4.3 | aceras de hormigon clase B f c=210 kg/cm2 | m2 | 21,354.44 | 23.16 | 494,568.88 |
| 4.4 | Suelo-cemento: tendido y compactado 8% de cemento | m3 | 9,314.22 | 39.29 | 365,955.70 |
| | IMPERMEABILIZACION | | | | 28,314.00 |
| 5.2 | geotextil NT 1600 | m2 | 19,800.00 | 1.43 | 28314 |
| | SEÑALIZACION | | | | 47,302.43 |
| 6.1 | Marcas de Pavimento - (Pintura amarilla retroreflectiva línea continua 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.2 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva contiua 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.3 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva entrecortada 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.4 | Señal Reglamentaria (0,90mx0,90m), inc instalacion | U | 44.00 | 213.13 | 9,377.72 |
| 6.5 | Señal informativa de destino (3,25m x 2,40m) Inc. Instalacion | U | 1.00 | 471.29 | 471.29 |
| 6.6 | Señal Preventiva , Inc. Insatacion | U | 57.00 | 213.13 | 12,148.41 |
| | RUBROS AMBIENTALES | | | | 4,500.00 |
| | Estudio de Impacto Ambiental | global | 1.00 | 4500.00 | 4,500.00 |
| | OTROS | | | | 1,980.00 |
| 7.1 | Remocion de edificaciones, casas y otras construcciones | M2 | 400.00 | 4.95 | 1,980.00 |
| TOTAL: | | | | | 3,477,743.40 |

HUMEDALES DOMICILIARIOS CON BIO-FILTRO

| Rubro N° | DESCRIPCIÓN DEL RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|---------------|---|--------|------------|-----------------|-------------------------|
| | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | 547,986.34 |
| 1.1 | Desbroce, desbosque y limpieza | há | 12.00 | 323.93 | 3,887.12 |
| 1.2 | Trazado y Replanteo | m2 | 564,000.00 | 0.25 | 141,000.00 |
| 1.3 | excavacion sin clasificar | m3 | 9,600.00 | 1.15 | 11,040.00 |
| 1.5 | Excavación y Relleno para estructuras | m3 | 13,146.82 | 5.81 | 76,397.26 |
| 1.6 | Material de préstamo importado | m3 | 681.37 | 2.70 | 1,839.70 |
| 1.7 | Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m) | m3-km | 680.42 | 0.25 | 170.11 |
| 1.8 | Transporte de material de prestamo importado | m3-km | 1,601.58 | 0.25 | 400.40 |
| 1.9 | Excavación y desalojo de zanja para tubería | m3 | 21,294.87 | 9.86 | 209,967.44 |
| 1.10 | Relleno compactado al 95% del Proctor modificado con material del sitio. | m3 | 20,805.12 | 4.68 | 97,367.96 |
| 1.11 | Relleno de arena | m3 | 282.00 | 20.98 | 5,916.36 |
| | DRENAJE | | | | 1,475,216.59 |
| 2.1 | Excavación para cunetas y encauzamientos | m3 | 2,629.36 | 3.84 | 10,096.76 |
| 2.2 | Hormigón ciclópeo (salida alcantarillas) | m3 | 47.32 | 83.37 | 3,945.07 |
| 2.3 | Bordillo cuneta Hormigon Simple clase C f c=210kg/cm2 | m | 9,609.50 | 34.34 | 330,007.01 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 2800 L | U | 3.00 | 490.50 | 1,471.50 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 5000 L | U | 5.00 | 680.40 | 3,402.00 |
| | Cisterna Rotoplast cap. 1200 L | U | 6.00 | 305.20 | 1,831.20 |
| 2.4 | Tubería PVC d=315 mm, para drenaje | m | 371.00 | 36.78 | 13,645.38 |
| 2.5 | Tee 110mm (inc. Instalacion) | global | 160.00 | 45.00 | 7,200.00 |
| 2.6 | Tubería PVC U/Z de 110 mm. | mI | 2,450.00 | 6.52 | 15,974.00 |
| 2.7 | Tanque plastico PVC cap.2000 L | global | 160.00 | 372.36 | 59,577.60 |
| 2.11 | Suministro e instalación de colector PVC, D= 200 mm | ML | 4,700.00 | 19.26 | 90,522.00 |
| 2.12 | Suministro e instalación de Redes de PVC Desague ø 110mm (incl. accesorios) | ML | 9,475.32 | 14.97 | 141,845.54 |
| 2.13 | Cajas de registro AASS de HS, cuello de HA y tapa de HA (50x50) | U | 525.00 | 1495.45 | 785,111.25 |
| 2.14 | Cámara de inspección HA D=900 mm | U | 53.00 | 199.76 | 10,587.28 |
| | CALZADA | | | | 1,275,092.04 |
| 4.1 | Asfalto RC para imprimación (1.50 lt/m2) | lt | 90,123.36 | 0.54 | 48,666.61 |
| 4.2 | Capa de rodadura de hormigon asfáltico mezclado en planta e=5cm | m2 | 60,082.24 | 6.09 | 365,900.84 |
| 4.3 | aceras de hormigon clase B f c=210 kg/cm2 | m2 | 21,354.44 | 23.16 | 494,568.88 |
| 4.4 | Suelo-cemento: tendido y compactado 8% de cemento | m3 | 9,314.22 | 39.29 | 365,955.70 |
| | ESTRUCTURA | | | | 247,761.66 |
| 5.1 | Mampostería | m2 | 1,136.00 | 64.84 | 73,658.24 |
| 5.2 | geotextil NT 1600 | m2 | 11,718.40 | 1.43 | 16,757.312 |
| 5.3 | Material Filtrante | m3 | 1,068.80 | 10.99 | 11,746.11 |
| | Sustrato Organico (60 kg) | U | 2,000.00 | 68.00 | 136,000.00 |
| | Platanillos (Planta) | U | 9,600.00 | 1.00 | 9,600.00 |
| | SEÑALIZACION | | | | 47,302.43 |
| 6.1 | Marcas de Pavimento - (Pintura amarilla retroreflectiva línea continua 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.2 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva contiaua 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.3 | Marcas de Pavimento - (Pintura blanca retroreflectiva entrecortada 15 cm) | m | 10,677.22 | 0.79 | 8,435.00 |
| 6.4 | Señal Reglamentaria (0,90mx0,90m), inc instalacion | U | 44.00 | 213.13 | 9,377.72 |
| 6.5 | Señal informativa de destino (3,25m x 2,40m) Inc. Instalacion | U | 1.00 | 471.29 | 471.29 |
| 6.6 | Señal Preventiva , Inc. Insalacion | U | 57.00 | 213.13 | 12,148.41 |
| | RUBROS AMBIENTALES | | | | 4,500.00 |
| | Estudio de Impacto Ambiental | global | 1.00 | 4500.00 | 4,500.00 |
| | OTROS | | | | 1,980.00 |
| 7.1 | Remocion de edificaciones, casas y otras construcciones | M2 | 400.00 | 4.95 | 1,980.00 |
| TOTAL: | | | | | 1,118,275,065.40 |

BIBLIOGRAFÍA

1. Benaman, J., Armstrong, N., & Maidment, D. (1996). Modeling of Dissolved Oxygen in the Houston Ship Channel Using Wasp 5 and Geographic Information Systems. En U. o. Texas. Austin, Texas: Center for Research in Water Resources.
2. Cardenas Grisales, J. (2002). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Colombia: ECOE Ediciones. doi:958-648-322-3
3. Chanson, H. (2004). *The Hydraulics of Open Channel Flow* (Second ed.). Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
4. CPE INEN 5 Parte 9-1. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. En I. E. Normalización, *Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C* (Primera Edición ed.). Quito - Ecuador.
5. Díaz, J. S. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Ediciones Monserrat.

6. Ecoeficiencia Cía. Ltda. (Abril de 2014). Estudio de Impacto Ambiental. Construcción del Complejo Karibao en sus Etapas 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10. Villamil Playas, Guayas, Ecuador.
7. Eddy, M. y. (1985). *Ingeniería sanitaria, redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales*. España: Labora S.A.
8. IDEASS NICARAGUA. (2009). Biofiltros Domiciliares. *Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises*.
9. IGM, I. G. (s.f.). *Geoportal*. Obtenido de <http://www.geoportalignm.gob.ec/portal/>
10. INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda. En I. N. Censo.
11. INEN. (2011). Señalización Vial. Parte 1. *Reglamento Técnico Ecuatoriano*. Quito - Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
12. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2007). *Reglamento técnico de diseño de estaciones de bombeo*. Bolivia. doi:ICS 13.060.30
13. Ley de Gestión Ambiental, Codificación. (2004). En L. C. H. Congreso Nacional. Ecuador.

14. Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia, Ediciones y Publicaciones. doi:958-96036-2-9
15. MOP. (2003). *Manual de Diseño Geométrico*. Ecuador: Publicación Ministerio de Obras Públicas.
16. MTOP, M. d. (2013). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. *Norma Ecuatoriana Vial, 3*.
17. NETE INEN 1374. (2009). Tubería plástica. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad. En I. E. Normalización, *Norma Técnica Ecuatoriana* (Primera Edición ed.). Quito - Ecuador.
18. NTD-IA-001_V-003. (2013). *Norma Técnica de Diseño Construcción de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado- ESTACIONES DE BOMBEO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL-*. Ecuador: Interagua.
19. NTE INEN 1591. (1988). Tubos de Hormigón Reforzado y accesorios. En I. E. Normalización, *Norma Ecuatoriana Obligatoria*. Quito-Ecuador.
20. OPS/CEPIS/05.169. (2005). Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado. En O. P. Salud. Lima: Organización Mundial de la Salud.

21. TULAS. (2002). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

En *DE LAS POLÍTICAS BÁSICAS AMBIENTALES DEL ECUADOR*.

22. Yocum, D. (2010). Manual de Diseño Humedal Construido para el

tratamiento de las Aguas grises por Biofiltración. *Bren School,*

Environmental Science and Management.