



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**COMERCIALIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE COSTOS CON EL
USO DE POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS**

Maynor Obdulio Corado Castro

Asesorado por el: Ing. Roberto Valle González

Guatemala, enero del 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR	Inga. Miriam Alejos de Santizo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Peláez Castellanos
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Contreras Marroquín
SECRETARIO	Ing. René Andrino Guzmán

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMERCIALIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE COSTOS CON
EL USO DE POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

MAYNOR OBDULIO CORADO CASTRO

ASESORADO POR EL: ING. ROBERTO VALLE CONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DEL 2008

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMERCIALIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE COSTOS CON EL USO DE POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS,

tema que me fue asignado por la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería, con fecha noviembre del 2005.

Maynor Obdulio Corado Castro

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Maestro del Amor, por ser El Camino, La Verdad y La Vida en cada paso de mi existencia.
- MI MADRE** Hasta el cielo, envió mis agradecimientos a este ser tan abnegado por sus esfuerzos, sus desvelos. Aquí esta el fruto de tus proyectos, tras nueve lunas de ilusión.
- MI PADRE** Por su sabiduría, disciplina y ejemplo de perseverancia, por ser marinero, antorcha y bandera.
- MI ESPOSA** Compañera de todos mis anhelos y proyectos, por su apoyo al subirse a esta barca llamada familia, para el término exitoso de esta etapa.
- MIS HIJAS** Voz en mis oídos que siempre me alentaron al decirme: papi vamos hasta el final.
- MI ASESOR** Ing. Roberto Valle González, por su aliento, orientación en el desarrollo del presente trabajo y por demostrar confianza en mi persona para la realización del mismo.
- MIS AMIGOS** De infancia, adolescencia, de universidad, que de alguna manera influyeron en mi formación, y han sido semilla que germinó en mi aprendizaje.
- Y a todos aquellos que influyeron, positivamente, en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVOS	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Construcción de carreteras	1
1.2 Antecedentes históricos en la construcción de carreteras	1
1.2.1 Aspectos históricos de los materiales utilizados	2
1.3 La construcción de carreteras en Latinoamérica	3
1.3.1 El impacto de la construcción de carreteras en la Economía	4
1.3.2 La asesoría comercial en la construcción de carreteras	4
1.3.3 Beneficios de la asesoría para reducir costos	5
1.4 Las barreras de la Asesoría técnica en Carreteras	5
1.4.1 El acceso a las fuentes de información técnica	6
1.4.2 El empirismo laboral existente	6
1.5 Los efectos presupuestales en los Proyectos Carreteros	6
1.5.1 Presupuestos ajustados en diseño	7
1.5.2 Daños a presupuestos por Corrupción	7
2. LA COMERCIALIZACIÓN ACTUAL EN EL USO DE POLÍMEROS EN LOS PROYECTOS EN CARRETERAS	9
2.1 Como ha sido la asesoría técnica	9
2.1.1 Visitas a contratistas	9

2.1.2 Respaldo con ediciones antiguas de manual	10
2.2 Descripción de Materias Primas	10
2.2.1 Tuberías de concreto	11
2.2.2 Tuberías de metal corrugado	12
2.2.3 Geotextiles	13
2.2.4 Los Polímeros	14
2.3 Limitaciones para la Asesoría técnica	15
2.3.1 Actualización de los estudios	16
2.3.2 Tramites engorrosos por notas de cambio de materiales	17
3. PROPUESTA DE COMERCIALIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE CON EL USO DE POLÍMEROS	19
3.1 Sistema de asesoría	19
3.1.1 Definición del perfil de la Asesoría Comercial y Técnica	19
3.1.2 Características de la Asesoría	21
3.1.3 Funciones de la Asesoría	22
3.2 Descripción de la asesoría técnica	23
3.3 Equipo y herramientas necesarias	24
3.4 Programas y simulaciones	25
3.5 Análisis de costos comparativos de los materiales utilizados	103
3.6 Diseño con uso de tablas comparativas	107
3.7 Uso de manuales y notas técnicas	109
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE UNA ADECUADA ASESORÍA	111
4.1 Planificación de la asesoría	111
4.1.1 Diagrama del proceso de la Asesoría	111

4.1.2 Capacitación al personal de Diseño	115
4.1.3 Capacitación al personal Técnico	116
4.1.4 Capacitación a ingenieros en Instituciones de Gobierno y privadas	116
4.1.5 Presentación de productos y tecnologías en Congresos y Ferias	116
4.2 Implementación de la Asesoría	117
4.2.1 Seguimiento a diseñadores	117
4.2.2 Seguimiento a formulación de proyectos en organismos financieros	117
4.2.3 Seguimiento a Instituciones promotoras de los proyectos	118
4.2.4 Seguimiento a Contratistas que llevan a cabo la ejecución	118
4.2.5 Apoyo y seguimiento a personal de la Empresa Supervisora	119
4.3 Análisis de los beneficios en la asesoría	119
4.3.1 Inversión en la Asesoría	119
4.3.2 Costo/Beneficio	120

5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CON EL USO DE POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

5.1 Identificación de los efectos	122
5.1.1 Impacto por uso de tuberías de concreto	127
5.1.2 Impacto por uso de tuberías de metal	129
5.1.3 Impacto por uso de materiales con normativas no originales	129
5.2 Características de los Polímetros en la construcción y mantenimiento	130
5.3 Ventajas del uso de los Polímeros	132
5.4 Beneficios del uso de los Polímeros	135

6. SEGUIMIENTO Y MEJORAMIENTO EN LA COMERCIALIZACIÓN	
6.1 Evaluación de los sistemas de asesoría de las instituciones beneficiadas	139
6.2 Garantías y certificaciones de calidad a las entidades	140
6.3 Inducción y complementación de la información de los pensa en la Facultad de Ingeniería y Colegio de ingenieros	141
6.4 Supervisión de Direcciones	142
6.4.1 Informes de resultados	142
6.4.2 Comparación de errores	151
CONCLUSIONES	157
RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFÍA	161
ANEXOS	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Caudales Probables según Gumbel	36
2. Caudales Probables, según Log. Pearson	42
3. Monograma con velocidades de escurrimiento	69
4. Registros Históricos Máximos de Duración/Intensidad	72
5. Curvas de Duración Intensidad-Frecuencia	75
6. Hidrograma Unitario Triangular	82
7. Ejemplo de Aplicación de Hidrograma Unitario	83
8. Flujo en bordillos con abertura horizontal	92
9. Flujo en bordillos con abertura vertical	93
10. Capacidad de cunetas sin cuenca aledaña	99
11. Capacidad de cunetas con cuenca aledaña	100
12. Capacidad de cunetas según longitud de aporte	101
13. Capacidad de bordillos en terraplenes	102
14. Jerarquización de las acciones	112
15. El ciclo de Proyectos de carreteras	114
16. Estudio de la erosión en Pared interna	131

17. Metodologías para la identificación de los impactos en

Proyectos de carreteras

154

TABLAS

I. Especificaciones de Alcantarillas de Concreto	12
II. Especificaciones de Alcantarillas de Metal Corrugado	13
III. Período de Retorno en función de la variable reducida	34
IV. Caudales probables, según la distribución de Gumbel	34
V. Valores de la Media Reducida	35
VI. Valores de la desviación típica reducida	35
VII. Historial de caudales instantáneos Máximos Anuales	39
VIII. Caudales probables según la Distribución Log. Pearson III	40
IX. Ecuaciones para el cálculo de los factores de frecuencia K	41
X. Caudales instantáneos Máximos Anuales	45
XI. Valores de Kn para la prueba de datos dudosos	48
XII. Límites de confianza de los caudales probables	52
XIII. Prueba de Chi-Cuadrado	57
XIV. Coeficientes de escorrentía en áreas pobladas	63
XV. Factores de corrección	64
XVI. Coeficientes de escurrimiento	64

XVII. Coeficientes de resistencia para escurrimiento superficial	68
XVIII. Velocidades de escurrimiento en laderas	68
XIX. Estimación de hidrograma de crecida	75
XX. Diseño de drenaje carretero	95
XXI. Chanel lining analysis	98
XXII. Diferencias económicas	104
XXIII. Resumen de costos comparativos	105
XXIV. Análisis comparativo de los materiales de tuberías	107
XXV. Prueba de abrasión	130
XXVI. Vida útil de los polímeros	131
XXVII. Vida de servicio esperada	131
XXVIII. Depto. de transportes de New York	132
XXIX. Comparación de pesos	132
XXX. Formulario para la categorización ambiental en un proyecto	146

GLOSARIO

- **Asesoría Técnica.** Es la acción de determinar, comunicar, investigar, evaluar, analizar y recomendar tecnologías y servicios que beneficien a un mercado objetivo.
- **ASTM .** American Society for testing and materials.
- **AASTHO.** American Asociation Highway and Transportation officials.
- **AEA.** American Economist Asociation.
- **Asfalto.** Sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida para revestir carreteras.
- **Drenaje.** Cualquier medio por el que el agua contenida en una zona, fluye o es avenida a través de cursos fluviales y de infiltraciones en el terreno.
- **BID.** Banco interamericano de Desarrollo.
- **BCIE.** Banco Centroamericano de integración Económica.
- **BM.** Banco Mundial.
- **Carretera.** Vía de comunicación que por lo general mantiene la autoridad gubernamental o municipal, para paso de vehículos, personas ó animales.

- **CCAD.** Convenio Constitutivo de la comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
- **Comercialización.** Acción de comercializar tecnologías y servicios en un mercado específico.
- **Concreto.** Sustancia de polvo fino hecha de la mezcla de yeso capaz de formar una pasta blanda al mezclarse con agua, que se endurece espontáneamente en contacto con el aire.
- **Contratista.** Persona o representante que lleva a cabo la ejecución física de un proyecto.
- **Covial.** Unidad para la Conservación vial.
- **DGC.** Dirección General de Caminos.
- **Drenaje.** Extracción de agua superficial o subterránea de una zona determinada por medios naturales o artificiales.
- **EIA.** Evaluación del Impacto Ambiental.
- **Empagua.** Empresa Municipal de Agua.
- **Formulador.** Profesional de la ingeniería que presenta un estudio para su análisis y aprobación por parte de entes de financiamiento.

- **Geotextil**, Lámina de fieltro, fabricado a partir de fibras especiales de polímeros, pueden ser tejidos y no tejidos.
- **GTZ**. Entidad Alemana de Financiamiento externo.
- **Hidráulica**. Aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos
- **HEC**. Centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito Americano.
- **Hdpe**. Polímero. Polietileno de alta densidad.
- **Impacto ambiental**. Alteración del medio/ambiente, provocada directa ó indirectamente por un proyecto o actividad en una área determinada.
- **INDE**. Instituto Nacional de Electrificación.
- **ISO**. Intertational Standars Organization.
- **IGN**. Instituto Geográfico Nacional.
- **INSIVUMEH**. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología y Meteorología.
- **Infraestructura**. Área de la ingeniería que abarca todo lo referente a estructuras civiles tanto privadas como públicas

- **OMM.** Organización metereológica mundial.
- **Prefactibilidad.** Acción analítica previa a la factibilidad.
- **PHCA.** Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.
- **PVC.** Polímero .Cloruro de polivinilo.
- **Polímero.** Termoplásticos, sustancias que consisten en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros.
- **Terracería.** Vía no pavimentada.
- **SEGEPLAN.** Secretaria General de Planificación.
- **Subdrenaje.** Sistemas de drenajes subterráneos dentro de las zonas del subsuelo.
- **Simulación.** Tecnología asistida por computadora, proporcionan numerosas oportunidades para responder inicialmente a las necesidades y deseos no percibidos.
- **WRC.**Water Resources Council.
- **UGA.** Unidad de Gestión Ambiental.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene el fin de evaluar, investigar, y recomendar las implicaciones que tiene el uso de los polímeros en la construcción de carreteras en nuestro medio, haciendo un análisis de las alternativas que se propònen actualmente en el mercado local, sus alcances, limitaciones, y la presencia en el mercado de la construcción de alternativas que favorezcan el bajo costo de construcción y mantenimiento de las carreteras.

Se plantea su aplicación en drenajes de pasos transversales , drenajes longitudinales, drenaje francés, para pavimentar y repavimentación en carreteras.

Allí es donde surge la alternativa del uso de los polímeros, ya que en países desarrollados se han realizado pruebas de laboratorio, concluyendo que el costo-beneficio con el uso de estos materiales es altamente rentable.

Otro paso, muy ventajoso, con estos materiales es que son totalmente inertes, esto significa que el impacto positivo que tiene en el medio/ambiente, con respecto a otras alternativas que están quedando en desuso y sus implicaciones que estos generan.

Se plantea un seguimiento y mejoramiento en la comercialización con estos materiales a través de la mejora continua en la asesoría profesional.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en Guatemala, específicamente en el área de carreteras no ha tenido un desarrollo continuo, ya que se siguen utilizando en los proyectos, materiales que no cumplen con las normas internacionales de fabricación, American Society for Testing and Materials (ASTM), American Association Highway and Transportation officials (AASHTO), E Intertational Standards Organization (ISO). Paralelo a esto, algunos fabricantes locales, elaboran productos artesanalmente sin normas y control de calidad, afectando la calidad, y la vida promedio de nuestras carreteras. Hasta hace algunos años atrás, profesionales nacionales y asesores extranjeros con experiencia en carreteras implementaron cambios sustanciales en el llamado Libro Azul de Caminos, sugiriendo el uso de materiales alternativos tales como los polímeros, siendo estos, el cloruro de polivinilo, el polietileno de alta densidad, geotextiles, etc. Sin embargo su uso se ha visto limitado por la poca información, o desconocimiento de estas alternativas en el mercado, siendo de fundamental importancia la actualización, comercialización, e información de los mismos a través de las asesorías profesionales de empresas que distribuyen y representan patentes de productos de países desarrollados, que constantemente están evaluando el uso de mejores productos, que garanticen el cumplimiento de normas internacionales, y que redunden en un promedio de vida mayor en el uso y mantenimiento de nuestras carreteras. Estos materiales representan una garantía, porque han sido probados en países desarrollados, siendo su costo beneficio favorable para los contratistas, con respecto a materiales fabricados artesanalmente y sin ninguna normativa. También, es importante hacer mención, que con los tratados de Libre Comercio, Plan Puebla Panamá, Franja Transversal del Norte, Anillo Metropolitano y otros.

Los medios de comunicación como los son las carreteras serán de suma importancia, contar con tecnologías que garanticen la durabilidad de nuestras carreteras en el proceso constructivo, así como minimizar los costos de mantenimiento de las mismas.

Con la asesoría profesional, mediante el uso de polímeros, contratistas, diseñadores y usuarios, podrán hacer evaluaciones continuas para mejorar los procesos constructivos, minimizando costos en los proyectos carreteros.

OBJETIVOS

GENERAL

Comercializar y reducir el costo con el uso de Polímeros en la construcción de carreteras en Guatemala.

ESPECÍFICOS

1. Se podrá diseñar con polímeros, con el uso de información para diseño, proporcionadas por instituciones certificadas con experiencia, aplicando técnicas e interpretar sus beneficios, en calidad y costos.
2. Mediante el uso adecuado de los polímeros, se reducirán costos de operación e instalación, en el proceso de construcción y mantenimiento de las carreteras.
3. Reconocer y distinguir el uso de los polímeros, comparando con otros materiales, para proyectar una vida larga de las carreteras.
4. Por medio de la comercialización, se podrá recabar toda la información de apoyo, para la correcta aplicación y selección de los polímeros, e identificar en qué caso serán utilizados en proyectos de carreteras.
5. Adquirir mayor experiencia en el uso de los polímeros, estando en capacidad de identificar soluciones inmediatas en el campo.

6. Reducir tiempos de ejecución, lo cual representará reducción en mano de obra.

7. Establecer mecanismos que incentiven el uso de estos materiales, por medio de las Entidades Financieras que avalan estos proyectos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 La construcción de carreteras

Es el área de la construcción que habilita los medios de comunicación entre localidades, que tienen como fin mejorar las vías de acceso, entre las mismas. Permitiendo el desplazamiento de medios de transporte, siendo éstos de tipo vehicular para transporte ligero o pesado, o ambos dependiendo de las cargas a que se someterán las carreteras, respondiendo a sus necesidades de transportar bienes y servicios, productos terminados, exportación e importación de productos hacia las vías de descarga, tanto marítima como aérea, también como vías al turismo nacional y extranjero.

1.2 Antecedentes históricos

En Guatemala, como en algunas áreas de nuestra economía, el desarrollo ha sido mínimo, aun en comparación con el resto de países del istmo centroamericano. Habría que diferenciar en dos las ramas de las carreteras en que se dirigen los esfuerzos de construcción, siendo éstas la construcción de carreteras de vía no pavimentada (terracería), y carreteras de vía pavimentada (concreto y/o asfalto). Según información proporcionada por la Dirección General de Caminos, la red vial en Guatemala tiene una longitud total de 14,283.45 kilómetros, siendo 5,958.01 kilómetros de asfalto, 5,373.00 kilómetros de terracería, y 2,952.44 kilómetros de caminos rurales. La tendencia implicaría que toda carretera de terracería en un futuro será mejorada al ser pavimentada, siendo éste el mayor esfuerzo de las instituciones por requerimientos de las poblaciones que se ven afectadas por el excesivo costo de mantenimiento de una vía no pavimentada, y, por consecuencia abandonadas.

Mejorar estas vías de comunicación implicaría una mejor comercialización de sus productos a las comunidades más cercanas, así como a los mercados más competitivos como lo son la ciudad capital y otros países.

1.2.1 Aspectos históricos de los materiales utilizados

Su desarrollo se ha visto afectado, fundamentalmente, por el uso de materiales que están en desuso desde hace varios años en países desarrollados, como Europa y los Estados Unidos de Norteamérica, y donde el concepto de carreteras ha trascendido a darle mayor tiempo de vida a las mismas, desde su desarrollo constructivo, como también en su proceso de mantenimiento, bajando los costos de éstos en porcentajes elevados. Asimismo, que dicho proceso de construcción colabore a minimizar el impacto ambiental en las áreas donde se desarrollarán dichos proyectos, realizando un estudio de las cuencas hidrológicas, que se han visto afectadas por fenómenos naturales, como terremotos y huracanes.

A manera de comparación, el uso de materiales por ejemplo, una tubería de lámina corrugada implica un costo de mantenimiento elevado con respecto a un polímero, primero porque estos materiales no son atacados por la corrosión, como sucede en un metal como el hierro, que no resiste, aun con un baño de galvanizado, que con el tiempo se hará necesario su cambio, sobre todo, si ésta se instala en suelos con alto contenido de ácidos, que naturalmente se encuentran en nuestro país, segundo, porque un polímero tendrá un promedio de vida de cincuenta años, siendo su mantenimiento mínimo, por su superficie lisa, ya que la de metal, hace que atrape mayor sedimentación y basura, elevando los costos de mantenimiento de las alcantarillas de carreteras, como también la oxidación propia del metal reducirá su promedio de vida.

Como se puede apreciar el desarrollo va ligado al uso de materiales, pues, en otros países, se han comprobado sus características, ventajas y beneficios, utilizando polímeros, como el cloruro de polivinilo, polietileno de alta densidad, polipropileno, que por sus características químicas, los hacen inertes a todo tipo de químicos, permitiendo

su uso durante el proceso constructivo, como también en el mantenimiento de las mismas. Mejorando su duración, y minimizando los costos de mantenimiento, por lo tanto, garantizando una eficaz inversión mediante el uso de los polímeros.

1.3 El desarrollo en la construcción de carreteras en Latinoamérica

Países como México, Colombia, Venezuela, Brasil, Argentina, Chile, han alcanzado un desarrollo sostenible en este campo, inclusive desarrollando sus propias tecnologías, sobre todo en países que producen su propio petróleo, situación que hace mucho más favorable producir sus asfaltos. Tal es el caso de México, Venezuela, Brasil, y Colombia, que actualmente exportan tecnologías en este campo al resto del continente.

En nuestros países centroamericanos, la construcción de carreteras está tomando importancia por los proyectos que se desarrollarán en común, tal El Plan Puebla Panamá, y el Tratado de libre comercio con América del Norte. Como consecuencia, los países del istmo forzosamente tendrán que mejorar sus vías de comunicación internas, y poder competir en la comercialización de bienes y servicios teniendo una adecuada infraestructura vial, debido a la necesidad de comunicación de las carreteras entre los países participantes.

El desarrollo de las carreteras tocará a las instituciones gubernamentales y privadas, bajo la figura de la concesión, cumplan con especificaciones, normas de instituciones internacionales en carreteras, que garanticen bajos costos de operación y mantenimiento en su uso, que éstas rindan durante su vida útil, comercializando productos que tengan características, ventajas y beneficios en la construcción de carreteras, según normas ASTM, AASHTO, DIN y otras, de países desarrollados.

1.3.1 El impacto de la construcción de carreteras en la economía

Las carreteras en el mundo actual son las vías de comunicación de mayor importancia, para desplazarse y desplazar bienes y servicios, recortar distancias entre ciudades, poblaciones, actualmente el uso de las carreteras es parte esencial en el desarrollo de los países, por consiguiente, su impacto en las economías, se hace presente en todo tipo de presupuesto, que implique mejoras, ampliaciones, mantenimientos, para que éstos se lleven a cabo es necesario implementar franjas presupuestarias en los planes anuales, tanto gubernamentales como municipales.

Como incidirá en la economía, la construcción de una carretera, dependerá de varios factores, y el más importante será el mantenimiento de las mismas. Se deberá contar con un presupuesto específico que abarque, mantenimiento preventivo y correctivo.

Ambos dependerán del tipo de materiales que en el momento de su construcción se utilizaron, debido a que el tiempo de vida de la carretera dependerá de los materiales con que se efectuó dicha construcción, siendo algunos de ellos, geotextiles, drenajes, controles de taludes, sistemas de protección, señalización, tanto vertical como horizontal, y las mezclas con los agregados adecuados.

Todo lo anterior, con una adecuada planificación antes de la ejecución de los proyectos carreteros, y obligando a las instituciones a velar porque dichos presupuestos permanezcan vigentes en su revisión, y no se modifiquen en menoscabo de la calidad de los mismos. O, sea, un impacto negativo en la economía de las carreteras, sería no llevar a cabo un presupuesto de mantenimiento para las mismas

1.3.2 La asesoría comercial en la construcción de carreteras

Comercializar en un mercado competitivo, tendrá sólo beneficios positivos para quien los obtiene. ¿Quién los obtiene? el comprador de bienes y servicios, y quien los provee.

Comercializar sin asesoría profesional lo limitará al empirismo, resultado del cual se aplicará el dicho, LO BARATO SALE CARO, y, esto se aplica a la construcción de las carreteras en nuestro país. Los presupuestos para el mantenimiento de nuestras carreteras siempre son limitados, y a corto plazo. No hay planificación, a mediano y a largo plazo, resultando una erogación de gastos continuos, ampliación de trabajos en campo, que por su carácter de inmediato se colocan materiales de precios bajos y de mala calidad. Sin analizar y comparar las opciones que garantizarán duración con el uso de los materiales, no buscar soluciones paliativas que encarecerán el presupuesto para el siguiente periodo.

1.3.3 Beneficios de la asesoría comercial en las carreteras

El crecimiento y la viabilidad de un país dependen de buena infraestructura carretera, y la manipulación de las aguas pluviales constituye un componente crítico para asegurar el éxito a largo plazo de nuestras carreteras y autopistas. Es importante la asesoría comercial de las nuevas tecnologías de polímeros, ya que se ofrece una gama de alternativas para drenar aguas de lluvia, para cumplir con las demandas críticas del diseño de ingeniería y grupos de contratistas. La introducción de esta tecnología en el mercado americano ha sido aceptada como una alternativa superior a los tubos de concreto y de acero corrugado. Situación que se debe trasladar a nuestro país con el conocimiento de nuevas tecnologías, que traerán beneficios a todo nivel, en lo económico como, también, en la durabilidad de nuestras carreteras.

1.4 Las barreras de la asesoría técnica comercial en carreteras

Nuestra sociedad está saturada de barreras, en el campo de la construcción no es la excepción. El apareamiento de nuevas tecnologías es un obstáculo, que tiene como su principal aliado el temor al cambio, producto de la formación deficiente en las escuelas técnicas y la poca actualización de nuevas tecnologías, teniendo aun la idea errónea de que estos cambios encarecen la construcción de las carreteras.

1.4.1 El acceso a las fuentes de información técnica

Actualmente el uso de polímeros en las carreteras en pasos transversales, drenajes longitudinales, geotextiles, generan mayor vida a estos proyectos, debido a la hidráulica superior, combinada con una resistencia a la corrosión y a la abrasión, con respecto a materiales tradicionales como el concreto y tubería corrugada de metal, a fin de proporcionar una opción resistente y duradera, en la manipulación de las aguas de lluvia en autopistas y carreteras

1.4.2 El empirismo laboral existente

Instituciones que se encargan de capacitar a nuestros maestros de obra, supervisores, maquinistas, conductores, y otros, han dejado de darles seguimiento en su formación, debido a esto la mano de obra se paga muy bajo, por lo tanto, este personal de mucha importancia en los proyectos tiene formación baja o nula, colaborando al empirismo en un campo que reclama mucha formación continua y adecuada.

1.5 Los efectos presupuestarios en los proyectos carreteros

Todo proyecto que ha sido bien planificado, tendrá sus efectos positivos y duraderos, en lo que respecta a las carreteras un presupuesto adecuado se aplicará en el proceso de mantenimiento de las mismas, recordando que un proyecto de esta naturaleza los proyectistas han considerado un promedio de vida de veinte a veinticinco años, siempre y cuando se le de el mantenimiento acorde a circunstancias climáticas, hidrológicas, y técnicas de la región donde se lleve a cabo dicho proyecto.

1.5.1 Presupuestos ajustados en diseño

Las instituciones financieras que apoyan estos proyectos, son organismos internacionales, que solicitan una empresa que realice la consultoría que confirme las necesidades de los mismos, y que, efectos tendrán de manera positiva para el país solicitante, haciendo todo tipo de recomendaciones, tanto técnicas, como legales, y económicas, es decir, estos consultores conforman un equipo de trabajo multidisciplinario de mucha experiencia en este campo, por lo que sus recomendaciones son tomadas al cien por ciento para la buena ejecución de éstos. Sin embargo, en cuanto éstos son trasladados a dependencias estatales los presupuestos son alterados o cambiados, y, por lo tanto, deben ajustarse por diversas causas, entre ellas se buscan los materiales que se producen en el país, que no necesariamente son los mejores por sus costos bajos de elaboración, se hacen subcontratos a empresas que no se les supervisa para utilizar los materiales contemplados en su diseño original y recomendado por los consultores.

1.5.2 Daños a los presupuestos por corrupción

Sumado a lo anterior, nos encontramos con la mala práctica de la llamada corrupción, que con tal de cumplir con dicho “requisito”, muchos malos profesionales dejan sin concluir renglones de trabajo con mala calidad, afectando al final, los proyectos, y éstos a su vez requerirán de mayores presupuestos para sus reparaciones y mantenimiento posterior. Sin embargo, es de hacer notar que de manera positiva, las instituciones financieras que promueven los préstamos para las construcciones iniciales, pueden establecer mecanismos de cumplimiento de construcción, apegadas a normas de calidad internacional, de esta manera, se podrán apegar y cumplir dichas normativas, así como tanto también hacer una labor de conciencia a los profesionales al terminar con esta norma que afecta a nuestra infraestructura, y, por ende, a nuestra economía, esto se logrará a través de una buena consultoría, previo a la aprobación de los préstamos de las instituciones financieras.

De esta manera a la asesoría profesional se le dará la importancia que debe tener en un mundo globalizado, y ésta abrirá las puertas a una profesionalización en todos los campos, fomentando una cultura de valores, que toda inversión tendrá beneficios para las nuevas generaciones en todos los niveles educativos y que mejor que en el campo de la construcción e infraestructura donde se transmitirán los conocimientos de nuevas tecnologías que traerán grandes beneficios al país.

2. LA COMERCIALIZACIÓN ACTUAL CON EL USO DE LOS POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

2.1 Como ha sido la asesoría comercial y técnica

Actualmente, la asesoría comercial y técnica ha estado dirigida a contratistas y supervisores, quienes, a su vez, trasladan sus inquietudes a las instituciones que dirigen los proyectos. En este proceso es donde se quedan estancados los esfuerzos, debido a que los técnicos recurren a documentos, tales como el Libro Azul de la Dirección General de Caminos, que aunque se ha actualizado bajo la asesoría de expertos conocedores cada uno en su campo. Se describe el uso de materiales alternativos, como los polímeros en pasos transversales de carreteras, drenaje francés y en las mezclas asfálticas, geotextiles. Dejando abierta el uso también de otros materiales que en países en desarrollo están descontinuados, tales como el concreto, la tubería corrugada de metal. No existe una consulta más profunda de las alternativas, con el fin de comparar costos, evaluar rendimientos durante el proceso de instalación, así como también en el proceso de post instalación. Todo esto debido a la toma de decisiones sencillas y simplistas con el objeto de colocar los materiales más económicos, y sin normas específicas de construcción, que al final redundarán en proyectos de corta vida, con altos costos de mantenimiento.

2.1.1 Visitas a contratistas

En la actualidad la comercialización de los productos es a través de visitas a los contratistas que llevan a cabo la ejecución de los proyectos carreteros, se realizan visitas de campo, a los ingenieros delegados residentes, a quienes se les da información técnica de los productos alternativos, se les informa de cuáles son las características, ventajas y beneficios que se obtendrán, con el uso de las alternativas de polímeros, tales como uso

de polímeros en drenajes para transversales, drenajes longitudinales, geotextiles y otros.

Durante el proceso de construcción de las carreteras, así como también de los beneficios a largo plazo, y durante el mantenimiento de las mismas.

2.1.2 Respaldo con ediciones pasadas de manuales

Esta ha sido una práctica muy común en nuestros procesos constructivos, por comodidad, por falta de interés de actualizarse por parte de profesionales, que aún diseñan con tuberías de concreto, estancados en querer resolver situaciones con modelos de diseño atrasados. Lo más penoso se da que cuando los diseños llegan a los contratistas que ejecutarán los proyectos, ellos se limitan a decir que está diseñado así, y que ellos se apegarán a lo descrito en los diseños originales, sin profundizar en las causas y los efectos.

2.2. Descripción de las materias primas

Las materias primas existentes, para este tipo de proyectos van desde productos elaborados con materiales locales en su mayoría no normados, como el concreto, requeridos con normas americanas ASTM, y ASSHTO, con refuerzo, ó no, clase I, y clase II. También se utilizan tuberías corrugadas de metal, importadas de Canadá, México, y Colombia, se están utilizando tuberías de cloruro de polivinilo, polietileno de alta densidad, y mezclas para asfalto con componentes de polímeros. Toda esta gama de materiales se utilizan, sobre todo, en estructuras de drenajes, y cada una tiene su uso específico de acuerdo al diseño que una alcantarilla o drenaje requiere. La selección del tipo de material más conveniente dependerá, finalmente, de un estudio económico en el cual todas las variables hidrológicas, hidráulicas, y estructurales, convergirán en soluciones de máxima economía, utilidad, y seguridad, en función de los costos anuales de construcción, mantenimiento, y riesgos de falla de los drenajes y la vía.

Cabría señalar que las condiciones hidráulicas de operación de las alcantarillas no deben ser sacrificadas por aspectos de reducción de costos.

2.2.1 Tuberías de concreto

Las tuberías de concreto han sido una alternativa buena, al igual que otras, que se utilizan en el mercado de la construcción. En los Estados Unidos su uso ha disminuido, a tal punto que se utiliza en áreas muy específicas como lo son tuberías con refuerzos de acero, que soporten cargas en transporte vehicular pesado. En nuestro país su uso, debería ser más controlado, debido, a que las empresas que lo fabrican normado son escasas, y están en la capital, y su transporte se hace más caro, no sólo por su peso, manejo, mayor cuidado en su estibado, y su instalación siempre requiere de maquinaria pesada, en diámetros grandes, que es donde más se utiliza en carreteras, siendo éstos de 30”, 36”, 42”, 48”, y 60”. Este material se utiliza para obras de drenaje, pasos transversales, drenajes longitudinales, en algunos casos en diámetros más pequeños 6” y 8” para tuberías perforadas en subdrenajes, siendo una alternativa costosa, debido a que dichas perforaciones son normadas por ASSHTO, y en estos tubos no se favorecen dichas perforaciones, por lo frágil y ruptura que se provoca en los mismos.

Tabla I. Especificaciones de alcantarillas de concreto

Diámetro		Peso del tubo		Espesor de pared		Largo
(plg)	(mm)	(lbs)	(kgs)	(plg)	(mm)	(m)
6	150	140	64	1 ¼	32	1.25
8	200	200	91	1 ½	38	1.25
10	250	260	118	1 ¾	44	1.25
12	300	540	245	2	50	2
15	375	780	355	2 ¼	57	2
18	460	1,060	482	2 ½	64	2
24	610	1,520	691	3	76	2

Especificaciones, según Norma ASTM C-14 Sin refuerzo

Diámetro		Peso del tubo		Espesor de pared		Largo
(plg)	(mm)	(lbs)	(kgs)	(plg)	(mm)	(m)
15	380	790	359	2 ¼	57	2
18	460	1,060	482	2 ½	64	2
24	610	1,520	691	3	76	2
30	762	2,590	1,177	3 ½	89	2
36	915	3,220	1,464	4	102	2
42	1,067	4,000	1,818	4 ½	114	2
48	1,220	5,550	2,523	5	127	2
60	1,525	8,570	3,895	6	152	2
72	1,830	12,170	5,532	7	178	2

Especificaciones, según Norma ASTM C=46 Con refuerzo.

2.2.2 Tuberías corrugadas de metal

Las tuberías de metal corrugado, han sido una alternativa para conducir drenajes pluviales, pasos transversales de carreteras, bóvedas, son conocidas como tuberías de tipo flexible. Este tipo de material es usado por medio de placas armables, in situ. Esta alternativa es muy adecuada para usarse en caminos de terracería de difícil acceso, por su traslado por medio de placas armables y atornillables. Tienen alta resistencia a las cargas y están normadas por ASTM, y AASHTO, siendo, hasta hace poco, una alternativa favorable, sin embargo, los incrementos a los precios del acero a nivel mundial, afectaron su importación a países como Colombia, Bolivia. Desde el punto de vista técnico, su interior corrugado hace que sea susceptible de asentamiento de sedimento y provoque altos costos de mantenimiento, además, son más susceptibles de colapsar por efectos de ataque de corrosión en suelos de alto contenido de ácidos.

Tabla II. Especificaciones de alcantarilla de metal corrugado

Diámetro	Calibre	Longitud útil (m)	Peso (m)	Altura máxima relleno
24" 600mm	16	1.00	30 kg	21 m.
30" 750mm	16	1.00	38 kg	18 m.
36" 900mm	16	1.00	44 kg	14 m.
42" 1050mm	16	1.00	48 kg	12 m.
48" 1200mm	16	1.00	57 kg	10 m.
60" 1500mm	16	0.90	92 kg	8.50m.
60" 1500mm	14	0.90	95 kg	11.95m.

Especificación, según Norma AASTHO M36, y ASTM A444 y ASTM A525

2.2.3 Geotextiles

Los geotextiles poseen múltiples usos en la construcción y rehabilitación de carreteras, suelen dividirse de acuerdo a su elaboración como geotextiles tejidos y geotextiles no tejidos. Los principales usos de los geotextiles tejidos son como refuerzos de suelos con baja capacidad portante y, en aplicaciones relacionadas con el control de erosión.

Los geotextiles no tejidos se utilizan como separador de suelos con diferentes propiedades físicas, (por ejemplo: colocando el geotextil entre la terracería y la capa base para evitar la contaminación de esta última por el suelo existente). Otra función es como filtro al retener las partículas de grano fino al fluir agua desde la capa de grano fino, hacia la capa de grano grueso.

Las geomallas se consideran como geotextil tejido. Son utilizados, principalmente, como refuerzo de base en suelos blandos, empinamiento de pendientes, refuerzo de taludes, muros de contención, etc.

En nuestro medio el uso de geotextiles en muchas ocasiones es tomada como una última alternativa, porque el contratista considera que su uso encarecerá su proceso constructivo, haciendo reparaciones o trabajos de mala calidad, que al final, reducirán la vida del proyecto, recurriendo a soluciones paliativas que encarecen cada año los presupuestos de mantenimiento de los tramos carreteros.

2.2.4 El uso de polímeros

Todo polímero es procesado con resinas derivadas del petróleo, entre ellas los más utilizados en carreteras son el cloruro de polivinilo PVC, el polietileno de alta densidad, materiales que se utilizan en la elaboración de tuberías, geotextiles y mezclas en los asfaltos de alto rendimiento. Actualmente, en nuestro país se está dando una transición, en el uso de materiales como los polímeros, lamentablemente hay poca información y actualización de estos materiales que tienen una alta demanda en los países desarrollados. El uso de los mismos en la construcción de carreteras trae grandes beneficios, hidráulicamente, son materiales que se han probado en laboratorios de alta tecnología, soportan cargas formando un sistema entre tubería y material de relleno, siendo tuberías flexibles, tienen mayor durabilidad que cualquier otro material, y están normadas por instituciones de renombre, como lo son ASTM, y ASSHTO, y en todo momento son alternativas económicas y duraderas. Por su alta eficiencia hidráulica estos materiales en tuberías pueden reducirse en los diámetros comerciales respecto de tuberías de concreto y de metal corrugado. Esto último en proyectos carreteros se puede aplicar en diámetros mayores a treinta pulgadas, que es el diámetro que permite que una persona se introduzca y realice labores de mantenimiento.

El PVC, y el HDPE, cuyas iniciales en inglés de “Polyvinyl Chloride”, y “High density Polyethylene” aceptadas, internacionalmente, para denominar los compuestos de Cloruro de Polivinilo, y Polietileno de alta densidad.

Comprenden una familia de resinas termoplásticas mundialmente conocidas por sus ventajas y cualidades físico-químicas. El PVC y el HDPE son livianos, fuertes, resistentes a la corrosión, no tóxicos, de larga vida y conservan sus propiedades en un amplio ámbito de temperaturas.

Su costo son menores y no tienen los problemas de reemplazo ni mantenimiento que presentan las tuberías de otros materiales. Por estas razones, estos materiales son usados cada vez más para la fabricación de tuberías y accesorios, en proyectos de carreteras. Ambos materiales tienen como elemento principal al etileno, que es un hidrocarburo que se obtiene del petróleo, que viene a ser la materia prima esencial en el proceso de polimerización. De allí, la polimerización del Cloruro de polivinilo, y el Polietileno de Alta Densidad, se lleva a cabo en presencia de peróxidos que actúan como iniciadores de la reacción química, la cual convierte al monómero (una sola molécula de compuesto) en un polímero (cadena de “n” moléculas de compuesto).

2.3 Limitaciones para la asesoría comercial técnica

La comercialización de los diferentes materiales que se usan en la construcción de carreteras, se ha acrecentado actualmente, sobre todo por la competitividad de las alternativas existentes en los países desarrollados. La tecnología ha demostrado su avance con materiales de nueva generación que garantizan la reducción de costos en los procesos constructivos, que conllevan procesos de mantenimiento menores en sus costos de operación. **Esto quiere decir que la asesoría adecuada en la comercialización de polímeros tiene como fin principal, el de reducir los costos de mantenimiento, desde su momento de ejecución.**

2.3.1. Actualización de los estudios

En Guatemala, se llevan a cabo estudios por consultores independientes, algunos de ellos son empresas consultoras contratadas por instituciones financieras internacionales, que llevan a cabo estos estudios durante varios años, y que se presentan para su aprobación por medio de préstamos, lo que conlleva muchos años, trayendo como consecuencia trámites largos debido a los cambios políticos de gobiernos en períodos cortos, que afectan la continuidad de los mismos. A su vez los diseños originales, no se someten a cambios tan radicales que se dan en las cuencas de los ríos, ya que estos se ven alterados por las constantes variables que cambian un caudal de diseño hidráulico, como lo son la deforestación, la implementación de zonas urbanas sin planificación, también tienen su efecto las catástrofes naturales como terremotos y huracanes, propias de la región del Caribe, haciendo más vulnerables estos proyectos, ya que la vida de las carreteras dependerá de un buen diseño que tome muy en cuenta las precipitaciones comunes en la región. Es decir el conjunto de lluvias copiosas asociadas a una perturbación atmosférica bien definida, como un temporal podrá variar desde unos pocos minutos a muchas horas y generar lluvias sobre una superficie de pocos kilómetros cuadrados a algunos miles, producto de tempestades ciclónicas que acarrear crecidas excepcionales en nuestros ríos.

En los aspectos de drenaje, sin embargo, es común llamar aguacero a un período de lluvia copiosa e ininterrumpida, que raras veces dura más de algunas horas, y cuyo interés práctico es estimar su intensidad promedio máxima para intervalos de diez minutos a una hora. Siendo el objetivo final del análisis de las precipitaciones la estimación de los caudales de escorrentía directa para el diseño de los diámetros de los drenajes viales. Todo lo anteriormente expuesto obedece que en nuestro país no se toman en cuenta varios de estos aspectos a la hora de la ejecución de los proyectos carreteros, recurriendo a soluciones paliativas que encarecen aún más estas obras.

En todo `proyecto carretero se debe manejar el concepto que las instituciones de transporte de los Estados Unidos manejan, siendo este, **“Toda carretera es, esencialmente, drenajes, drenajes y más que drenajes, es decir, eliminar toda la humedad que afecta dichos proyectos”**.

2.3.2 Trámites engorrosos por notas de cambio de materiales

Este aspecto es muy generalizado en nuestro medio, y delegados residentes en campo tienen que hacer consultas a los supervisores, y estos, a su vez, a los regionales, éstos lo trasladan a las direcciones, donde se estancan por semanas, y meses, cuando ya se han justificado los cambios por medio de demostraciones en campo, avaladas por organismos como ASTM y ASSTHO. Las cuales son presentadas por compañías, que comercializan este tipo de alternativas.

3. PROPUESTA DE COMERCIALIZACIÓN Y REDUCCION DE COSTOS CON EL USO DE POLIMEROS

3.1. Sistema de asesoría

Proponer un sistema de asesoría en comercialización de nuevas tecnologías en nuestro país implica cambiar en buena parte la actitud de las personas que están involucradas en todos los procesos, tanto en la toma de decisiones administrativas, técnicas y de campo, inducir a las personas involucradas a realizar investigaciones más a fondo de las alternativas existentes en el mercado y cuáles de ellas se apegan a las normas vigentes de países industrializados, que nos llevan años de desarrollo, y que se ha demostrado de sus adelantos, que conllevan mejoras, beneficios a todo plazo, reducción de costos en la construcción de los proyectos, reducción de costos de operación, y de mantenimiento. Este sistema de asesoría, tiene como fin, ver más allá de lo que pueda suceder, antes de incurrir en gastos onerosos, que afectan los presupuestos gubernamentales, evaluar las incidencias de tipo climático, e hidrológicas, que afectan a nuestra región centroamericana. Esta propuesta pretende colaborar con reducir los costos, con la utilización de polímeros en el proceso constructivo de carreteras, y, con ello, colaborar en la reducción de los mismos en los presupuestos de operación y mantenimiento de los proyectos carreteros.

3.1.1 Definición del perfil de la asesoría comercial y técnica

El perfil de la asesoría comercial y técnica, está dirigido al profesional, que debe llevar a cabo esta labor, como una de las ramas de la ingeniería Industrial se sugiere que el profesional asesor cumpla con el siguiente perfil, que se detalla.

A) Profesional egresado en una licenciatura técnica, en el área de la ingeniería, específicamente, Industrial.

Al profesional egresado en esta área, se le facilita relacionarse con otras áreas de la ingeniería, en todo tipo de labores de campo, tanto profesional como técnico.

También sus relaciones se facilitan con otras áreas de tipo administrativo, (encargados de compras, servicios auxiliares, gerencias comerciales, supervisiones de campo, diseñadores, gerencias administrativas, analistas de costos, auditores, analistas financieros, etc).

B) Conocimientos de Resistencia de Materiales, Ciencia de los Materiales, Mecánica de Fluidos, Hidráulica, Química, cursos que forman parte del conocimiento del ingeniero Industrial. Los cuales tendrán mucha influencia en su desenvolvimiento profesional en este campo, el conocer de la diferencia entre materiales, sus resistencias, sus comportamientos físicos y químicos, sus reacciones ante ambientes de diferente índole, su comportamiento estructural, la influencia hidráulica del agua en estos materiales, conocimientos que serán de verdadero apoyo técnico ante diseñadores, analistas de costos, proyectistas, supervisores, y contratistas.

C) Conocimientos de Mercadeo, Ingeniería de Métodos y Movimientos, Contabilidad de Costos, Micro y Macro-Economía. Estos conocimientos serán de vital importancia en el proceso de negociación ante entidades financieras que promueven los préstamos ante los diferentes ministerios e instituciones del Estado, así como también en los diferentes procesos de construcción que se verifican en el campo de trabajo, en la construcción de las carreteras. De cómo el uso de los diferentes materiales de polímeros inciden, favorablemente, en la economía de las carreteras, durante el proceso constructivo y de mantenimiento de las mismas, de sus ventajas, características, y beneficios.

D) Conocimientos Psicológicos en el proceso de la compra y venta. En este renglón de la comercialización es de suma importancia la psicología industrial, por medio de ello, se conocerán aspectos de tipo psicológico, que influyen en las personas que toman decisiones, o que intervienen en el proceso constructivo, de la forma en que se facilitará su trabajo, tomando acciones que favorecerán las relaciones con otras personas y departamentos, que harán que fluya la información y beneficie el producto final, bajo el concepto de trabajo en equipo, conociendo el perfil emotivo del ser humano, en sus

diferentes fases del carácter y temperamento.

E) La capacitación del elemento personal. Este aspecto importante constituye el valuarte, de la actualización de las diferentes tecnologías que se han de transmitir al consumidor final. Dependerá de los profesionales, y de las instituciones que se encargan de fomentar la capacitación al personal de las empresas que prestan servicios de comercialización de sus productos, de la actualización de productos, sistemas, y procedimientos nuevos, que estén a la vanguardia de los países desarrollados.

F) Conocimientos del Idioma Inglés, computación, e Internet. Como todo profesional, parte de su actualización tecnológica proviene de países desarrollados, que hacen sus publicaciones y actualizaciones en el idioma inglés, paquetes informáticos, y accesos a internet, se hace necesario estar al tanto de estos conocimientos y tecnologías.

3.1.2 Características de la asesoría

A) La asesoría comercial y técnica, deberá ser un proceso, con una serie de pasos, iniciando por recabar información de las instituciones financieras que promueven los proyectos, luego, retroalimentarla con los beneficios, que representan los polímeros, después trasladarlos a los ministerios o instituciones que licitan, éstos, a su vez, presentan los renglones de trabajo requeridos en las licitaciones, después se evaluarán las propuestas que se apeguen a los requerimientos, tomando en consideración costos con materiales que redunden en beneficio, sin afectar la calidad del proyecto final.

B) La asesoría comercial y técnica, deberá ser integral, es decir, que ésta deberá llegar a todos los niveles de formación, personal de campo, personal de diseño, analistas de costos, ingenieros residentes, ingenieros supervisores.

C) La asesoría debe contener simulaciones en campo, o, sea, deberán hacerse demostraciones, que confirmen el uso adecuado de los polímeros.

D) La asesoría deberá mostrar siempre, los beneficios, características, y ventajas del uso de los polímeros en la reducción de los costos de los proyectos carreteros.

E) La asesoría deberá ser una toma de conciencia de las instituciones, para que se

planifique y construyan proyectos carreteros que no necesiten de mantenimiento continuo, y que tengan un promedio de vida razonable.

De otra manera, se dará lo sucedido en la actualidad, donde se licitaron varios proyectos carreteros, que tenían como fin reconstruir aquellos tramos afectados, severamente, por la tormenta tropical Stan, y como sorpresa, no se consideraron renglones de uso de geotextiles, y de estructuras de drenajes.

La pregunta que flota en el ambiente, sería ¿Qué le va a dar vida a estas carreteras, si no se está tratando el problema esencial en todo proyecto de esta naturaleza?, que es la adecuada evacuación del agua, que por un descontrol de tipo climático, ha afectado a las mismas, por el deterioro de las cuencas, y la deforestación de las áreas boscosas aguas arriba de las mismas.

3.1.3 Funciones de la asesoría

Al definir las funciones, nos estaremos refiriendo a los aspectos, que hacen que la misma, sea una asesoría adecuada, de buena calidad, bien definida, y estructurada, de manera que quienes la reciben, se sientan bien apoyados, y encuentren confianza en el profesional que la lleva a cabo, que cuando llegue a ellos sientan la confianza de preguntar, abiertamente, sus inquietudes, y soluciones que redunden en el objetivo primordial de reducir los costos en la utilización de polímeros en la construcción de carreteras, siendo éstas las que se detallan.

A) Acercamiento a organismos que facilitan préstamos en este tipo de proyectos.

BCIE-BANCO MUNDIAL-GOBIERNO DE JAPÓN-KFW-ETC.

B) Acercamiento a las instituciones, que licitan los proyectos.

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS- COVIAL- FONAPAZ- FIS- SECRETARIA EJECUTIVA DE LA PRESIDENCIA

C) Acercamiento y seguimiento a contratistas, y supervisores, asignados a la ejecución y supervisión de los proyectos, con el fin de apegarse a los requerimientos de las instituciones y organismos mencionados anteriormente, dando capacitaciones e inducciones del uso de los polímeros.

D) Actualizar las tecnologías, avances continuos de los procesos de producción, de las alternativas sugeridas, comparando, y definiendo los beneficios y sus alcances.

E) Presentar innovaciones en ferias, conferencias a gremios de contratistas, y formuladores de este tipo de proyectos. Este será un circulo constante de asistencia, comercial y técnica, evaluando los beneficios que alcanza dicha asesoría, a los mismos profesionales e instituciones involucrados en la toma de decisiones.

3.2 Descripción de la asesoría

Tendrá que ser, veraz, de alto profesionalismo y capacidad de resolución de alternativas, apegadas a normas y estandares de calidad, con alto conocimiento de la problemática de nuestro país, conocimiento de nuestra idiosincrasia, con buena comunicación hablada y escrita, que esta asesoría no deje ni la menor de las dudas de quien recibe la información, tendrá que estar comprometido con el entorno ambiental a proteger. En resumen:

1. ASESORÍA VERAZ
2. ALTAMENTE PROFESIONAL
3. CAPACIDAD DE RESOLUCIÓN DE ALTERNATIVAS
4. APEGADA A NORMAS Y STÁNDARES DE CALIDAD
5. CONOCIMIENTO DE PROBLEMÁTICA E IDIOSINCRASIA DEL PAÍS
6. BUENA COMUNICACIÓN HABLADA Y ESCRITA
7. CAPACIDAD DE TRASLADAR LA INFORMACIÓN
8. CONOCIMIENTO DE LEYES DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

3.3 Equipo y herramientas necesarias

El equipo y las herramientas necesarias, dependerán del criterio del mismo profesional que lleve a cabo la asesoría. Con el tiempo y experiencia dicho profesional tendrá la capacidad de evaluar si su asesoría esta realmente siendo adecuada o no, de ello dependerá que será indispensable en su equipo y herramientas necesarias de trabajo.

Como Equipo y Herramientas necesarias, podemos sugerir lo que se detalla.

- 1.- Computadora personal (laptop) para correr los programas con simulaciones, hojas electrónicas, comparaciones de costos, que ejemplifiquen las características, ventajas y beneficios de los polímeros respecto de los otros materiales, y que éstos a, su vez, se envíen por correo electrónico.
- 2.- Calculadora científica, necesaria para el cálculo complementario de la computadora personal.
- 3.- Folletos, con la información técnica, uso adecuado de los polímeros, formas y manejos, materiales usados de relleno adecuado y su instalación en el campo.
- 4.- Talonarios de hojas en blanco, o cuadrículadas, para realizar cálculos, o gráficos demostrativos.
- 5.- Talonarios de pedidos, para realizar las órdenes de ingreso a producción, y de facturación.
- 6.- Cinta métrica, para realizar mediciones de largos, anchos, y alturas, en el campo.
- 7.- Planos cartográficos, con información topográfica, pluvial, índices de escorrentías. Esta información puede conseguirse en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) e ingresarla a la base de datos en la computadora personal, para ingresarlos a los programas y simuladores en el cálculo de diámetros de tuberías a recomendar.
- 8.- Manuales técnicos, y especificaciones aprobadas por la Dirección General de Caminos, COVIAL, y otros.
- 9.- Directorio con nombres, teléfonos, correos electrónicos, de instituciones y personal de las diferentes direcciones, contratistas, y supervisores, con el fin de realizar las consultas pertinentes en oficina y en campo.

3.4 Programas y simulaciones

Los procesos hidrológicos evolucionan en el espacio y en el tiempo, en tal forma que pueden aceptarse como parcialmente aleatorios y parcialmente predecibles, a menudo, para su descripción y evaluación, se simulan con formulaciones y modelos matemáticos. El diseño de muchas obras hidráulicas y de drenaje en proyectos carreteros, requiere de la estimación de caudales provenientes de lluvias intensas que generan crecidas extraordinarias en los cursos superficiales de agua que cruzan la sección de interés. El análisis se realiza aplicando, unas veces, metodologías determinísticas que abarcan desde fórmulas empíricas hasta la simulación hidrológica e hidráulica de los eventos de crecida, usando para ello ábacos, nomogramas, tablas, hasta modelos matemáticos computarizados. Otras veces, se recurre a la variabilidad aleatoria del proceso hidrológico y se aplican formulaciones estadísticas y de probabilidad a las series históricas.

El éxito del análisis y de la estimación, sin embargo, está tanto en la disponibilidad de información cartográfica, topográfica y de las condiciones actuales de las cuencas y tramos de interés para la adopción de relaciones unitarias de lluvia-caudal como en la calidad y extensión de las series de registros históricos, ya sean éstos de lluvia para esquemas de precipitación-escorrentía o eventos de crecida para la deducción de hidrogramas unitarios naturales. La magnitud de las variables que intervienen en las diferentes etapas del Ciclo Hidrológico inicialmente expuesto: precipitación, infiltración y escurrimiento sobre el terreno, como las que representan la fisiografía, inciden en forma directa en la magnitud de los caudales de los cursos que concentran las aguas; sin embargo, el escurrimiento superficial proveniente de una pequeña sub-cuenca, que está más íntimamente relacionada con las condiciones del terreno, las prácticas de cultivo y uso de sus suelos y las condiciones de la vegetación natural en comparación con una cuenca grande donde el efecto de almacenamiento en la red hidrográfica impone una atenuación en los picos de avenida.

Muchas de las cuencas de tamaño importante, en nuestro país, están controladas por estaciones de observación de carácter permanente y es factible encontrar series históricas de caudal en los sitios de aforo; sin embargo, en las pequeñas cuencas siempre es necesario recurrir a métodos aproximados para la estimación de los caudales de diseño en las secciones de interés. Es difícil dar una definición cuantitativa de lo que se entiende por cuenca pequeña en el sentido anteriormente expuesto dado que el tamaño no es el único factor que define su comportamiento; sin embargo, aceptaremos por cuenca pequeña aquella cuya respuesta ante tormentas intensas de corta duración depende, principalmente, de factores topográficos y del manejo de los suelos y no de las características de su red hidrográfica.

De acuerdo a lo anterior, cada uno de los métodos aplicables para la estimación de los caudales tendrá un rango de validez. La aplicación de cada uno de estos procedimientos depende de la disponibilidad de datos, del tiempo para realizar las investigaciones y de la experiencia del diseñador. Esta sección tiene por objeto incluir varias metodologías que permitan al ingeniero estimar los caudales de diseño de las estructuras de drenaje transversal de la ruta, apoyado en la disponibilidad de información y en el tamaño y características de la cuenca de interés.

Cada procedimiento tiene debilidades inherentes a los procesos hidrológicos; por consiguiente, el calculista debe usarlos con criterio y, cuando le sea posible, deberá complementar los resultados con otro enfoque.

Métodos probabilísticos

En algunos casos la variabilidad aleatoria del proceso hidrológico natural es grande comparada con su variabilidad determinística y se justifica el tratamiento aleatorio de los datos; de esta manera, el valor de una observación no está correlacionada con los valores de las observaciones adyacentes y las propiedades estadísticas de las mismas son consideradas iguales.

La determinación de crecidas de diseño mediante el método probabilístico, se basa en la extrapolación de una distribución de probabilidades mediante la cual se han ajustado todos los valores de caudal máximos históricos, considerados aquí como muestras de una variable estadística continua; el método, por tanto, es adecuado para corrientes naturales permanentes que posean información hidrológica suficiente. La curva de frecuencia de crecidas que asocia a cada evento una probabilidad de ocurrencia, puede obtenerse mediante el uso de funciones de distribuciones teóricas a las cuales se ajustan mejor los datos muestrales o, por ajuste gráfico, situando los datos históricos en un papel de probabilidades de diseño adecuado, trazando luego, una recta a estima. Un mínimo de 20 años es deseable, en ambos procedimientos, para tener una buena representatividad en los valores estimados.

Ajuste analítico: Este procedimiento permite asociar los datos muestrales a un modelo probabilístico que los represente adecuadamente; muchos son los modelos recomendados por la literatura hidrológica y los coeficientes que relacionan la variable de interés con la probabilidad, se estiman con base en los parámetros estadísticos de las muestras que se determinan por varios procedimientos.

Pruebas de bondad de ajuste pueden ser incorporadas al análisis a fin de indagar si la distribución teórica escogida se adapta a la distribución muestral.

Ajuste gráfico: El hecho que los datos observados pueden mostrar una tendencia definida en un papel de probabilidades adecuado, aunque no siga exactamente la curva teórica que se desea ajustar a los mismos, conduce a realizar procedimientos gráficos para la estimación de valores probables de los datos muestrales; el procedimiento permite, además, hacer una inspección visual del ajuste del conjunto ordenado de los mismos.

La obtención de la curva de frecuencias de crecidas por el Método gráfico, consiste en ordenar los datos de los caudales históricos en forma decreciente y asociar a cada valor una probabilidad por su número de orden.

Es conveniente usar en este procedimiento las formas impresas especiales llamadas “de probabilidades” que deforman la escala de las abcisas (probabilidad) de tal manera que la curva de frecuencias se manifieste en una tendencia de fácil extrapolación y poder verificar el ajuste de los datos muestrales gráficamente. Si la pendiente del tramo final está bien definida, el gráfico permite una extrapolación moderada a valores de menor frecuencia; si se presentan puntos de inflexión, o los pares de valores no permiten trazar una curva representativa de los mismos, no se recomienda la extrapolación.

Más adelante se exponen procedimientos de cálculo aplicando algunas de las distribuciones teóricas más usuales para el análisis de caudales extremos a los registros históricos de una Estación Hidrométrica.

Características de la Información Necesaria-Fuentes

La confiabilidad de las estimaciones aumenta al aumentar también la longitud de los registros y la representatividad de los datos muestrales, los que se califican por los procedimientos hidrométricos realizados en el aforo de las corrientes, el registro de los niveles de crecida, la elaboración de las curvas de descarga y las formas de extrapolación de las mismas.

Por lo anterior, antes de iniciar un estudio de frecuencias de crecidas, los datos deben someterse a un cuidadoso análisis que asegure que las curvas de descarga utilizadas son válidas, que se han incorporado a las mismas los cambios de referencia en los limnímetros y limnógrafos y las variaciones de la sección de aforo y que durante la longitud de los registros no han habido obstrucciones en el río que cambien el régimen de las corrientes.

Los datos hidrológicos usualmente son presentados en orden cronológico y su magnitud se expresa en unidades convencionalmente aceptadas; los caudales y la lluvia, variables de interés, son expresadas en unidad de volumen por unidad de tiempo (m^3/seg) y unidad de espesor por unidad de tiempo ($mm/hora$), respectivamente.

Básicamente son tres instituciones gubernamentales las que recopilan la información hidrométrica y climática: El Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología, e Hidrología INSIVUMEH, dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Vivienda y el Instituto Nacional de Electrificación INDE , dependencia del Ministerio de Energía y Minas, y la Dirección de Aeronáutica Civil.

Los datos disponibles usualmente constituyen series de duración completa las cuales poseen una relación de todos los valores registrados, horarios, diarios, etc.; sin embargo, éstos tienen poca significación en el análisis de frecuencia que nos ocupa, dado que el diseño de las estructuras viales usualmente está gobernado por unos pocos valores críticos. Por lo anterior, dos tipos de datos son generalmente seleccionados de la serie total: las series de duración parcial y las series de duración de valores extremos. Las series de duración parcial o series parciales, como comúnmente se les denomina, constituyen un conjunto de datos seleccionados de tal forma que su magnitud supera un valor determinado. Si el dato base es seleccionado de forma tal que el número de valores en la serie sea igual al número de años de registro, la serie es llamada: Serie de Excedencia Anual.

La serie de valores extremos incluye los valores mayores o menores que ocurren en cada uno de los intervalos de tiempo de igual longitud del registro; usualmente, la longitud del intervalo de tiempo es un año; la serie así seleccionada es una Serie Anual. Cuando los datos son los valores mayores, es conocida como: Serie Anual de Valores Máximos.

Cuando el intervalo de tiempo disminuye, la dependencia entre las observaciones es mayor por la proximidad excesiva; además, puede resultar difícil verificar que todas las observaciones son independientes, por ello, la serie utilizada más corrientemente es la serie anual. Por otra parte, existe una base teórica sólida para la extrapolación de datos de la serie anual más allá del intervalo de observación mientras que la teoría falla cuando se trata de datos de series parciales; también es práctica común elaborar los datos hidrológicos en base anual (en año calendario o año hidrológico) de tal forma que la serie anual se obtiene con facilidad.

No obstante lo anterior, también hay limitaciones en los datos anuales como el hecho que cada año viene representado por un acontecimiento únicamente; sin embargo, el segundo acontecimiento en orden de magnitud de un año determinado, puede ser más elevado que el mayor de algún otro año a pesar de lo cual no se tiene en cuenta.

En concordancia con esto, un acontecimiento de una magnitud dada tendrá un período de retorno diferente en cada una de las dos series. Sin embargo, para los períodos de retorno que exceden diez años carece de importancia la distinción entre las series, parcial y anual y es posible pasar de la serie anual (fácilmente calculable) a la serie parcial (más realista) por medio de la relación deducida por Ven T. Chow:

$$T_e = \frac{I}{\ln \left(\frac{T}{T - I} \right)} \quad (1)$$

T_e = período de retorno de la serie parcial

Distribuciones de valores máximos más usuales.

Existe en la literatura hidrológica, una variedad de procedimientos que permite estimar valores del caudal para diferentes frecuencias mediante el ajuste de distribuciones teóricas o la

graficación de los datos muestrales como se dijo; a continuación se proporcionan tres de las más usuales:

a) Distribución de Gumbel

La teoría de valores extremos, comúnmente usada para la estimación de crecidas, fue introducida por Fréchet (1927) y Fisher (1928) y sus fundamentos están expuestos en los textos de estadística hidrológica. Consideremos el conjunto independiente de variables al azar: $W_j, j=1,2,3,\dots,n$ con una función de distribución acumulada común, donde Pr es la probabilidad.

$$Pr(W_{(n)} \leq x) = Q_n(x) = Pr(W_1 \leq x) Pr(W_2 \leq x) Pr(W_3 \leq x) \cdots Pr(W_n \leq x) = G(x)^n \quad (2)$$

Cuando n crece indefinidamente, $Q_n(x)$ se aproxima a uno de los tres tipos de funciones asintóticas conocidas como funciones de valores extremos tipo I, II y III. En el primer tipo, x es una variable ilimitada; el segundo y tercer tipo tratan con variables, con límites inferior y superior, respectivamente. Dado que la distribución tipo I fue inicialmente desarrollada y aplicada a eventos de crecida por Gumbel, se conoce como Función de Distribución de Gumbel y la fórmula comúnmente usada, cuando n tiende a infinito, es la relación doblemente exponencial siguiente:

$$Fx = e^{-e^{-a(x-u)}} \quad (3)$$

donde Fx es la probabilidad de *no* ocurrencia de un evento, e es la base de los logaritmos Neperianos; a y u son constantes que relacionan parámetros estadísticos de la muestra. Siguiendo la notación original de Gumbel y usando la variable reducida $y = a(x-u)$, la forma básica anterior se transforma en:

$$Fx = e^{-e^{-y}} \quad (4)$$

$G(x)$, donde x es un valor observado y n es el número de datos equiespaciados dentro de un período fijo, comúnmente un año; sea, además, $W_{(1)}, W_{(2)}, W_{(3)}, \dots, W_{(n)}$ la serie de datos ordenada por su magnitud para la cual su distribución es: La función de densidad (la derivada de Fx), queda expresada por la relación siguiente:

$$fx = e^{-y} e^{-e^{-y}} \quad (5)$$

Al tomar los logaritmos Neperianos, la ecuación toma la forma:

$$y = -\ln(-\ln Fx) \quad (6)$$

y puesta en función del período de retorno $T_R=1/(1-Fx)$, toma la forma:

$$y = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right] \quad (7)$$

ecuación que permite calcular el valor de y para una frecuencia o período de retorno deseado. En la tabla 3.1 se proporcionan valores de y para diferentes períodos de retorno. Una expresión diferente puede darse despejando x en la expresión de variable reducida:

$$x = \frac{y}{a} + u \quad (8)$$

Dado que existen varias aproximaciones posibles para determinar los valores de los parámetros a y u a partir de las series anuales, Gumbel resolvió esto aplicando el Método de cuadrados mínimos a la ecuación (8) obteniendo de esta manera las expresiones

$$u = x_{med} - S_x \frac{Y_n}{S_n} \quad (9)$$

y

$$a = \frac{S_n}{S_x} \quad (10)$$

donde x_{med} y S_x representan la media aritmética y la desviación estándar de la serie de datos:

$$x_{med} = \frac{\sum x}{n} \quad (11)$$

$$S_x = \left[\frac{\sum (x - x_{med})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (12)$$

Y_n y S_n son valores de la media y la desviación estándar reducidas que dependen del tamaño de la muestra y que se proporcionan en las tablas 3.4 y 3.5, respectivamente. Introduciendo (9) y (10) en (8) las expresiones se reducen a:

$$x = x_{med} + \frac{S_x(y - Y_n)}{S_n} \quad (13)$$

que, como se ha demostrado en la mayoría de las funciones aplicables a los análisis hidrológicos, toman la forma:

$$K = \frac{y - Y_n}{S_n} \quad (14)$$

donde el factor K , conocido como factor de frecuencia, varía según el método de aproximación que se trate; en la distribución de Método de Gumbel la relación correspondiente es:

$$x = x_{med} + KS_x \quad (15)$$

Tabla III. Período de retorno en función de la variable reducida

<u>Años</u>	<u>Variable reducida y</u>
1.58	0.000
2	0.367
2.33	0.579
5	1.500
10	2.250
20	2.970
25	3.199
50	3.902
100	4.600
200	5.296

$Y_n = 0.5128$ y $S_n = 1.0206$ y con la Ec (15) finalmente:

$$Q_{25} = 187.81 + (122.03/1.0206)(3.199 - 0.5128)$$

$$Q_{25} = 509.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

La tabla siguiente proporciona valores del caudal probable para diferentes períodos de retorno.

Tabla IV. Estación: Hidrométrica

Caudales probables según la distribución de Gumbel

<u>Período de retorno (años)</u>	<u>Caudal (m³/seg)</u>
2	170.4
5	305.9
10	395.6
20	481.7
50	593.1

Los valores probables del caudal pueden graficarse en el llamado papel de probabilidades sugerido por Gumbel, que permite la linearización de la forma doblemente exponencial de su distribución, graficando valores del período de retorno a distancias proporcionales a las diferencias entre los valores de las variables reducidas correspondientes, mediante la ecuación:

$$Xy = -\ln [\ln T_R - \ln (T_R - 1)] \quad (16)$$

El procedimiento permite fácil extrapolación de la distribución y la estimación de valores de frecuencia reducida. La forma usada para el gráfico de la figura 3.1 es un papel de probabilidades extremas como fue sugerido por Gumbel y, en el mismo, se han anotado en forma correspondiente, los valores del Ejemplo 1 (Tabla II).

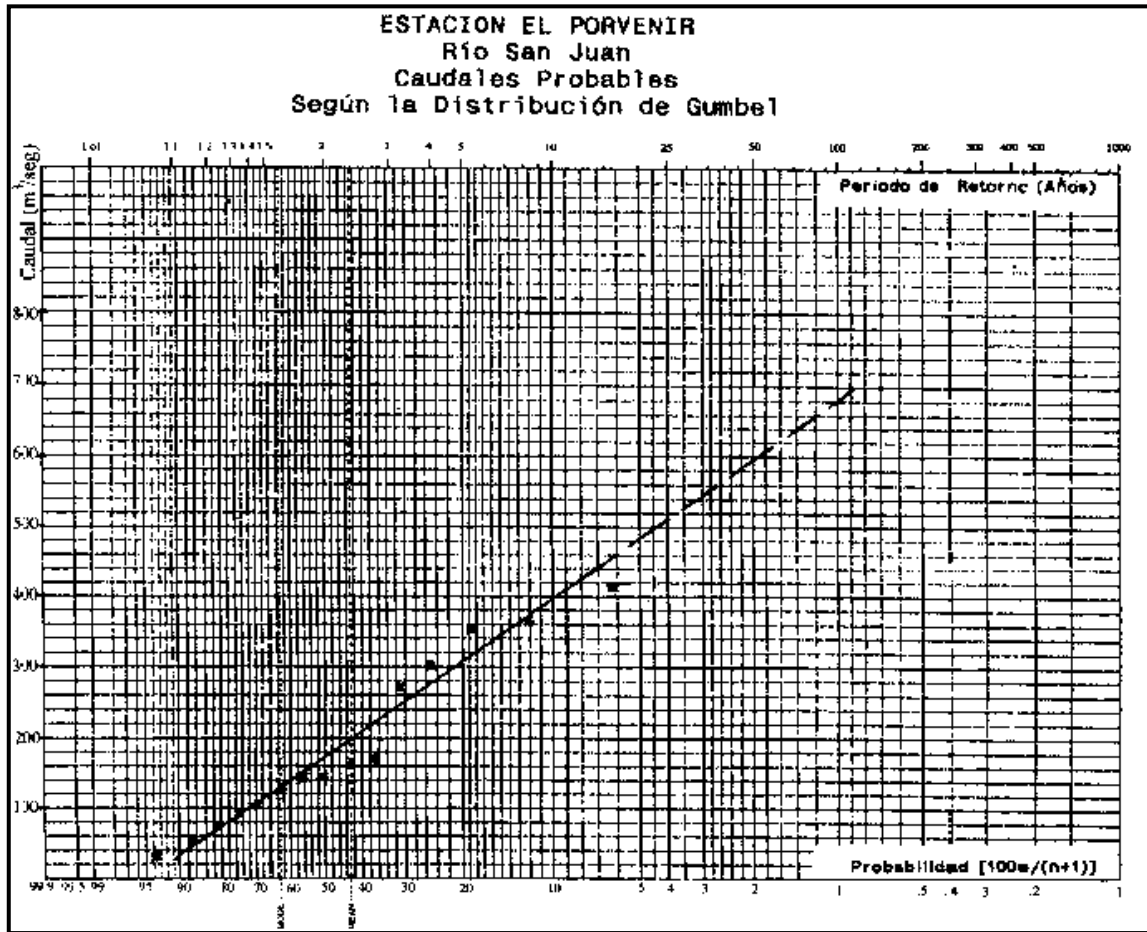
Tabla V. Valores de la media reducida (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5258	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5560									

Tabla VI. Valores de la desviación típica reducida (S_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Figura 1. Caudales probables según Gumbel



b) Distribución Log Pearson III

Otro conjunto de funciones de probabilidad son las derivadas por K. Pearson quien propuso originalmente en su trabajo investigativo diferentes tipos de funciones de densidad para ajustar virtualmente cualquier distribución de las que, no obstante tener pocas bases analíticas, han sido muy usadas en aplicaciones prácticas. La distribución Pearson Tipo III fue aplicada, originalmente, al análisis de crecidas en 1924; básicamente, está representada por constantes que relacionan la media aritmética como valor de tendencia central, con la dispersión y la asimetría de la función de densidad, representados por la desviación típica y el coeficiente de sesgo de la serie de datos.

Cuando la distribución es aplicada a los logaritmos (de cualquier base) de los caudales de avenida, usualmente de base 10, la distribución es conocida como la función de Log Pearson Tipo III. Esta función ha sido recomendada, según el Bulletin 17B del U.S Water Resources Council como una distribución base para el análisis de frecuencias de crecidas a fin de tener un procedimiento uniforme y consistente en la planificación de las obras.

Al usarse como evento $Q_y = \log Q$, la ecuación general de distribución de frecuencias, también queda convertida en la forma general:

$$\log Q = Q_y = Q_{y \text{ med}} + K S_y \quad (17)$$

donde el valor de K , como se expresó anteriormente, es el factor de frecuencia y comúnmente se encuentra tabulado en textos de estadística hidrológica. Para propósitos de este documento, se prepararon ecuaciones para facilitar la obtención de factor de frecuencia K ; la Tabla VII proporciona una relación de este coeficiente en función del período de retorno (T_R) y el valor de asimetría o sesgo.

La distribución Log Pearson III, también puede representarse, gráficamente, en un papel de probabilidades con escala logarítmica; no obstante, por la presencia de sesgo, la gráfica tomará una curvatura acorde con el signo del coeficiente de asimetría estimado de los valores de caudal observados. Cuando se transforman los eventos de caudal Q en sus logaritmos, los momentos respectivos se estiman de la siguiente forma:

$$Q_{ymed} = \frac{\sum Q_y}{n} \quad (18)$$

$$S_y = \left[\frac{\sum (Q_y - Q_{ymed})^2}{(n-1)} \right]^{0.5} \quad (19)$$

$$g_y = \frac{n \sum (Q_y - Q_{ymed})^3}{(n-1)(n-2)(S_y)^3} \quad (20)$$

Ejemplo 2

El ejercicio numérico siguiente permitirá comprender mejor la aplicación de la distribución Log Pearson III. Como en el ejemplo anterior, también se trata de los caudales instantáneos máximos anuales, estimados en una sección de un río de interés, con registros históricos obtenidos en una Estación Hidrométrica permanente, como se presentan en la tabla 5 siguiente. Se desea ajustar los registros a la función de distribución Log Pearson III y estimar el caudal que podría presentarse con un período de retorno de 25 años.

Tabla VII. Estación hidrométrica permanente

Cuenca: Historial de caudales instantáneos máximos anuales

Año	Q (m3/seg)	Q (ord)	Qy=logQ	(Qy-Qymed)2	(Qy-Qymed)3	m	
100(m/n+1)							
1978	209.4	531.1	2.72518	0.182141	0.077734	1	5.56
1979	59.0	476.8	2.67834	0.144354	0.054846	2	11.11
1980	223.6	460.6	2.66332	0.133172	0.048598	3	16.67
1981	139.0	392.2	2.59351	0.087091	0.025701	4	22.22
1982	170.2	354.4	2.54949	0.063050	0.015832	5	27.78
1983	146.9	318.9	2.50365	0.042131	0.008648	6	33.33
1984	392.2	223.6	2.34947	0.002609	0.000133	7	38.89
1985	476.8	209.4	2.32098	0.000510	0.000012	8	44.44
1986	190.8	190.8	2.28058	0.000317	-0.000006	9	50.00
1987	93.9	170.2	2.23096	0.004548	-0.000307	10	55.56
1988	64.2	164.1	2.21511	0.006937	-0.000578	11	61.11
1989	460.6	146.9	2.16702	0.017259	-0.002267	12	66.67
1990	126.2	139.0	2.14301	0.024143	-0.003751	13	72.22
1991	531.1	126.2	2.10106	0.038942	-0.007685	14	77.78
1992	354.4	93.9	1.97267	0.106101	-0.34560	15	83.33
1993	318.9	64.2	1.80754	0.240945	-0.118271	16	88.89
1994	164.1	59.0	1.77085	0.278303	-0.146817	17	94.44
Suma	4121.3	4121.3	39.07274	1.372553	-0.08274		

Los momentos de la serie natural son:

$$Q_{med} = 242.43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$s_x = 150.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g_y = 0.6806$$

y de la serie transformada ($Q_y = \log Q$)

Ec(18), Ec(19) y Ec(20):

$$Q_{ymed} = 39.07274/17 = 2.298396$$

$$s_y = (1.372553/16)^{0.5} = 0.29289$$

$$g_y = 17(-0.08274)/16 \times 15(0.29289)^3 = -0.233$$

Según la Ec(21) y los coeficientes de la tabla 3.8, para $Tr = 25$ años y $g = -0.233$:

$$K = 1.7511910149 + 0.3466418803 (-0.233) - 0.0496790546 (-0.233)^2 - 0.0074651229 (-0.233)^3 + 0.0024775221 (-0.233)^4 - 1.3591385988 \times 10^{-4} (-0.233)^5 - 4.6930809625 \times 10^{-5} (-0.233)^6$$

$$K = 1.667828246$$

De Ec (17):

$$\text{Log } Q = 2.298396 + 1.66782824 (0.292899)$$

$$\text{Log } Q = 2.786886213$$

$$Q = 612.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

La tabla siguiente proporciona valores del caudal probable para diferentes períodos de retorno.

hTabla VIII. Estación hidrométrica con caudales probables, según la distribución Log Pearson

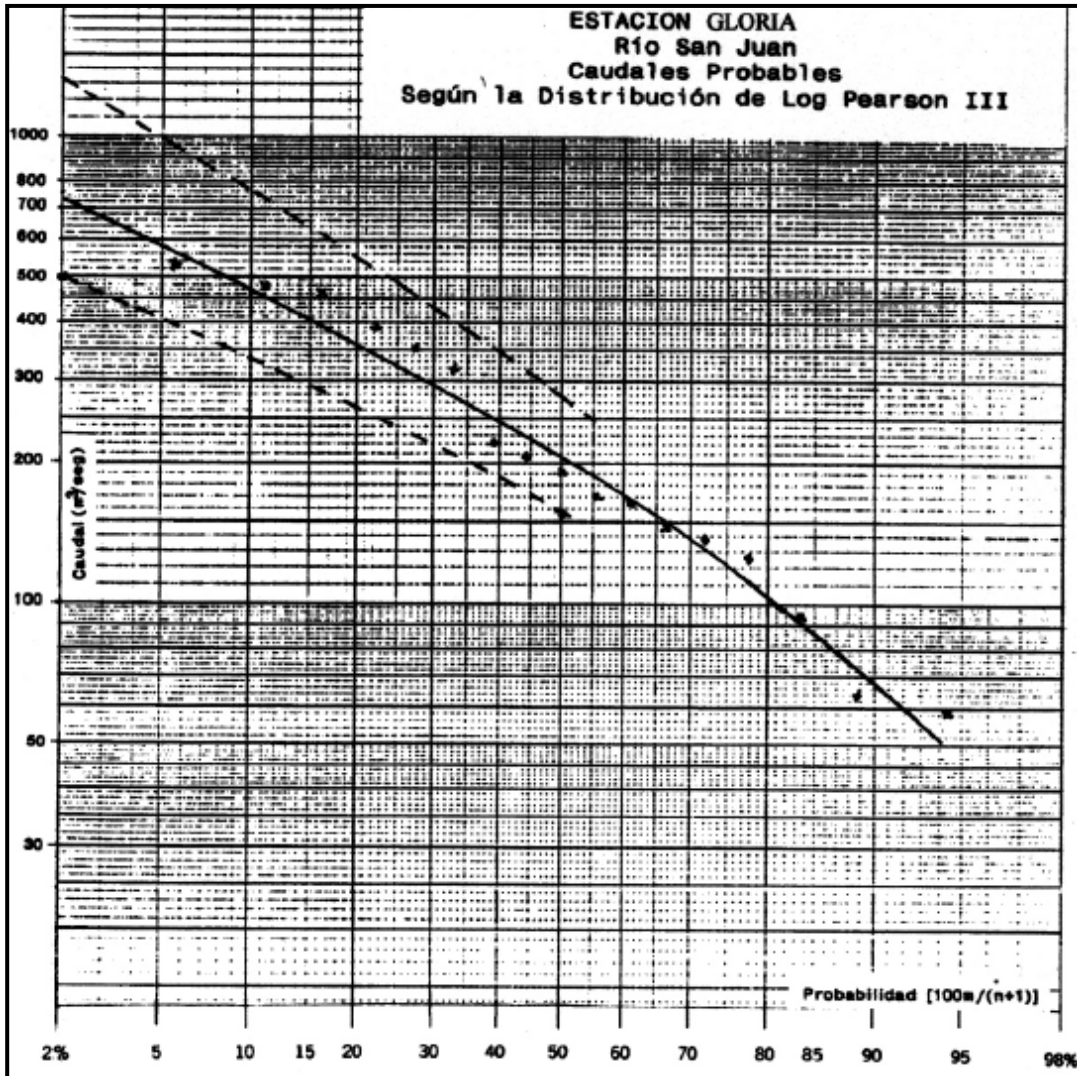
<u>Período de retorno (años)</u>	<u>Caudal (m³/seg)</u>
2	204.1
5	352.9
10	463.1
25	612.2
50	728.6

Los valores probables del caudal del Ejemplo 2 también fueron llevados a un gráfico de Log-Probabilidades, como se aprecia en la figura 3.2. Puede observarse la tendencia no recta que toman los valores debido al sesgo de la serie y estar ploteados los mismos en un papel Log normal.

Tabla IX. Ecuaciones para el cálculo de los factores de frecuencia (K) para aplicar en la distribución Log Pearson III

Exponente	TR = 2	TR = 5	TR = 10
0	0.0	0.8416607240	1.2816446858
1	-0.167058194	-0.0491047880	0.1073152455
2	0.0	-0.0371070627	-0.0485687881
3	0.0030400584	0.0020851967	-6.36321100987x10-4
4	0.0	-1.9913420158x10-4	5.50450144640x10-4
5	9.6034959624x10-5	-6.9190847253x10-5	-1.85101216340x10-4
6	0.0	5.0066006051x10-5	4.2504016649x10-4
Exponente	TR = 25	TR = 50	TR = 100
0	1.7511910149	2.0541287267	2.326290517
1	0.3466418803	0.5399266344	0.7401397655
2	-0.0496790546	-0.0416833954	-0.0266446745
3	-0.0074651229	-0.0146536290	-0.0233239627
4	0.0024775221	0.0043409520	0.0059981272
5	-1.3591385988x10-4	6.8988601667x10-5	4.1230520168x10-4
6	-4.6930809625x10-5	-1.6665237062x10-4	-2.9277523071x10-4

Figura 2. Caudales probables según Log. Pearson



$$K = a_0 + a_1g + a_2g^2 + a_3g^3 + a_4g^4 + a_5g^5 + a_6g^6 \quad (21)$$

$g =$ coeficiente de sesgo

c) Método de Weibull

El análisis de probabilidades también puede realizarse en una forma rápida y menos elaborada a través de un procedimiento gráfico, estimando los valores de frecuencia de los datos en la serie ordenada de los mismos.

El procedimiento permite verificar, por comparación gráfica, que la distribución de probabilidades teóricas se ajusta adecuadamente a un conjunto ordenado de los datos hidrológicos históricos, cuya frecuencia observada se ha asignado previamente.

La posición se determina por el valor de probabilidad que se asigna a cada uno de los eventos que van a graficarse. Se han propuesto numerosos métodos para la determinación de estas posiciones, la mayoría de los cuales son empíricos y relacionan el total de términos de la serie con el número de orden del mismo. Si el número total de las observaciones es n y m es el número de orden en la serie arreglada en forma descendente, la probabilidad de excedencia del m -ésimo valor mayor, x_m , en el límite de n , se expresa por:

$$P(\geq x_m) = \frac{m}{n} \quad (22)$$

Esta simple fórmula, conocida como Método California por ser el lugar donde primero se usó, produce valores que pueden ser difíciles de graficar en una escala de probabilidades. De igual manera resulta cuando la relación anterior se modifica a:

$$P(\geq x_m) = \frac{m-1}{n} \quad (23)$$

porque aún cuando esta relación no produce una probabilidad del cien por ciento, sí obtiene una probabilidad cero para el primer dato que también puede ser difícil de graficar.

Las ecuaciones anteriores representan los límites dentro de los cuales deberán localizarse las posiciones gráficas apropiadas; por ello, se han hecho diferentes intentos por modificar esta relación sin perder representatividad en la magnitud de las frecuencias relativas que se asignan a los datos ordenados. La mayor parte de las fórmulas de posición gráfica se representan por la forma general siguiente:

$$P(\geq x_m) = \left(m - \frac{b}{n} + 1 - 2b\right) \quad (24)$$

donde b es un parámetro que depende de las condiciones de representatividad de la fórmula. De todos los planteamientos desarrollados para obtener posiciones gráficas de un conjunto de eventos, la de Weibull constituye un término medio y posee mayor justificación estadística porque establece que si n valores están distribuidos, uniformemente, entre 0 y 100% de probabilidad, habrá $n+1$ intervalos, dos en los extremos y $n-1$ entre los datos. La relación se expresa de la siguiente manera:

$$P(\geq x_m) = \frac{m}{n+1} \quad (25)$$

e indica un período de retorno un año más allá que el período de registro histórico.

Aquí: n = es el número de años de registro y, m = el rango o número de orden de los eventos ordenados en forma descendente.

El inverso de esta expresión es equivalente con el período de retorno T_R y fue adoptado como el método estándar para estimar las posiciones gráficas por el US Water Resources Council en 1981.

Ejemplo 3

Se trata de los caudales instantáneos máximos anuales observados en un curso superficial con aforos y registros de nivel permanente cuya serie se proporciona en la tabla 8 siguiente. Se desea ajustar los registros a una función de distribución experimental por el procedimiento gráfico y estimar el caudal que podría presentarse con un período de retorno de 25 años.

De los valores de la tabla X siguiente: $Q_{med} = Q/n = 2074.5 / 15 = 138.3$ (m³/s).

Luego, las probabilidades de excedencia de los caudales históricos ordenados en forma descendente han sido estimadas por el método de Weibull, sus valores graficados en el papel Log-Probabilidad y a través de sus puntos se ha trazado una recta a estima representada por la línea de trazos que permite valorar los caudales probables extremos de poca frecuencia por extrapolación de la misma.

El valor deseado, es decir, el caudal con un período de retorno de 25 años, se estima en:

$$Q_{25} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla X. Estación hidrométrica con caudales instantáneos máximos anuales

Año	Q (m³/seg)	Q (ord)	m	Probabilidad de Weibull
1978	90.6	306.5	1	6.25
1979	22.5	275.1	2	12.50
1980	172.0	265.7	3	18.75
1981	80.2	226.2	4	25.00
1982	98.1	204.4	5	31.25
1983	82.6	172.0	6	37.50
1984	226.2	98.1	7	43.75
1985	306.5	90.6	8	50.00
1986	86.7	86.7	9	56.25
1987	54.0	82.6	10	62.50
1988	37.1	80.2	11	68.75
1989	265.7	72.8	12	75.00
1990	72.8	54.0	13	81.25
1991	275.1	37.1	14	87.50
1992	204.4	22.5	15	93.75
Suma	2074.5	2074.5		

Del mismo modo que los gráficos de las figuras 1 y 2, muestran la tendencia de los valores estimados y permite una rápida verificación preliminar del acomodo de las frecuencias observadas y las probabilidades esperadas estimadas, sin realizar pruebas estadísticas de bondad de ajuste, observando en el gráfico la mayor o menor separación de los puntos que representan los datos muestrales con la gráfica de los valores teóricos obtenidos por un ajuste analítico.

Prueba de datos dudosos

Algunas veces, cuando se grafican los registros, se observan puntos que se apartan, significativamente, de la tendencia que muestra la mayoría de los datos restantes y su retención o eliminación afecta los parámetros estadísticos muestrales especialmente cuando las series son cortas.

De acuerdo con el Water Resources Council (WRC), cuando los valores de sesgo puntuales son superiores a 0.4 ($g > 0.4$), deben realizarse pruebas para detectar datos dudosos altos; si $g < -0.4$, deben realizarse pruebas para detectar datos dudosos bajos y cuando la asimetría se encuentra dentro de este rango, deben aplicarse pruebas para detectar tanto datos dudosos altos como bajos antes de eliminar cualquier valor. La ecuación de frecuencia siguiente adoptada por el WRC, permite detectar datos dudosos altos:

$$y_A = y_{med} + K_n s_y \quad (26)$$

aquí y_A es el umbral de los datos dudosos altos en unidades logarítmicas, y_{med} y S_y son los parámetros muestrales y K_n es un valor tabulado (Tabla 3-10), para diferentes tamaños de la muestra n , usada por el WRC en pruebas de un lado para detectar valores dudosos al nivel de significación de 10% en datos normalmente distribuidos. Si el logaritmo de un valor de la muestra es mayor que y_A , en la ecuación anterior, éste es considerado un dato dudoso alto.

Sin embargo, los caudales extremos considerados como dudosos siempre deben compararse con los archivos hidrológicos de la estación y de áreas vecinas; muchas veces en la narración de los sucesos históricos se incluye información sobre

inundaciones inusuales cuya magnitud no se conoce o no está comprendida en los registros sistemáticos. De acuerdo al Water Resources Council (1981), si la información disponible indica que un dato dudoso alto es el máximo de un período extenso, el valor dudoso es tratado como dato de una inundación histórica excepcional y es excluido del análisis. Si no hay información histórica disponible para comparar con los datos dudosos altos, entonces, el dato debe ser retenido como parte de los registros sistemáticos.

Una ecuación similar fue adoptada por el WRC para detectar datos dudosos bajos:

$$y_B = y_{med} - K_n s_y \quad (27)$$

donde y_B es el umbral de los datos dudosos bajos. Los caudales de avenida considerados bajos, son suprimidos de los registros y luego una distribución de probabilidad conveniente se ajusta a los valores restantes.

Ejemplo 4

Utilizando los datos del Ejemplo 2 anterior, determine si existen datos dudosos en la serie disponible.

Con $n = 17$, el número de registros de la serie y los parámetros muestrales de la misma, obtenemos el umbral de los datos dudosos altos que será:

a) $K_n = 2.309$ (Tabla XI)

b) dato dudoso alto

$$y_A = 2.298396 + 2.309 \times 0.29289$$

$$y_A = 2.974679$$

$$Q_A = (10)^{2.974679} = 943.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) dato dudoso bajo

$$y_B = 2.298396 - 2.309 \times 0.29289$$

$$y_B = 1.6221133$$

$$Q_B = (10)^{1.622113} = 41.89 \text{ m}^3/\text{s}$$

Al examinar la serie de datos, tabla VII, apreciamos que los valores, máximo y mínimo, de la misma, están bajo y sobre los umbrales estimados.

Tabla XI. Valores de K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de muestra	K_n
n		n		n	
10	2.036	21	2.408	32	2.591
11	2.088	22	2.429	33	2.604
12	2.134	23	2.448	34	2.616
13	2.175	24	2.467	35	2.628
14	2.213	25	2.486	36	2.639
15	2.247	26	2.502	37	2.650
16	2.279	27	2.519	38	2.661
17	2.309	28	2.534	39	2.671
18	2.335	29	2.549	40	2.682
19	2.361	30	2.563	41	2.692
20	2.385	31	2.577	42	2.700

Adoptada por el WRC (1981)

Confiabilidad del análisis

La confiabilidad de los resultados, después de un análisis de probabilidades, depende de lo bien que se aplique el modelo estadístico adoptado. La estima de un parámetro poblacional dada por un solo número, se llama estima de punto del parámetro y la estima dada por dos números, entre los cuales se espera que, razonablemente, caiga el valor correcto, se llama estima de intervalo; el rango entre estos dos números es conocido, usualmente, como *intervalo de confianza* y su tamaño depende del nivel de confianza β deseado. Cuando la serie de datos es corta, es conveniente adoptar estos niveles extremos y trazar *límites de confianza* alrededor de la relación de probabilidad estimada.

A cada nivel de confianza β , corresponde un nivel de significación " α " dado por la relación:

$$\alpha = \frac{(1-\beta)}{2} \quad (28)$$

Los límites superior e inferior de un evento con período de retorno T, pueden estimarse mediante las ecuaciones siguientes:

$$LS_{T,a} = y_{med} + s K_{T,a} s_y \quad (29)$$

$$LI_{T,a} = y_{med} - i K_{T,a} s_y \quad (30)$$

Donde $sK_{T,a}$ y $iK_{T,a}$ son los factores de los límites de confianza superior e inferior respectivamente y dependen de cada distribución; cuando los datos están normalmente distribuidos, pueden obtenerse utilizando valores de la distribución t que se encuentra tabulada en los textos de estadística.

Para la distribución Pearson III, el WRC establece las siguientes ecuaciones:

$$\text{Limite superior } K_{T,a} = \frac{[K + (K^2 - ab)^{0.5}]}{a} \quad (31)$$

$$\text{Limite inferior } K_{T,a} = \frac{[K - (K^2 - ab)^{0.5}]}{a} \quad (32)$$

En las cuales:

$$a = 1 - \frac{z^2}{2(n-1)} \quad (33)$$

$$b = K^2 - \frac{z^2}{n} \quad (34)$$

donde z es la variable tipificada de la distribución normal y se encuentra tabulada en los textos de estadística, K es el factor de frecuencia respectivo [Ec (21)].

Ejemplo 5

Se desea determinar los límites de confianza del 90% para el caudal de 25 años estimado mediante la distribución Log Pearson en el ejemplo 2.

Dado:

a) El resumen de los parámetros estimado previamente:

$$n = 17$$

$$y_{med} = 2.298396$$

$$s_y = 0.29289$$

$$g_y = -0.233$$

$$Q_{25} = 612.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K = 1.66782 \text{ (Factor de frecuencia para}$$

$$T_R = 25 \text{ años)}$$

b) Límite de confianza deseado: = 90%,

(0.90)

Se requiere:

c) Nivel de significación para Q_{25}

De la Ec(28)

$$\alpha = (1-0.90)/2 = 0.05 \text{ (5\%)}$$

d) Factores para los límites de confianza requeridos.

Los factores $sK_{T,a}$ y $iK_{T,a}$ para los límites de confianza inferior y superior requeridos, están dados por las Ecs(31) y (32), y son función de a y b , Ecs (33) y (34), y la variable tipificada z de la distribución normal; así, para un nivel de significación de 5%,

$$z = 1.645$$

$$a = 1 - 1.645/2(17-1) = 0.9154$$

y

$$b = (1.66782)^2 - 1.645/17 = 2.622$$

los factores serán:

$$sK_{25,5\%} = (1.66782 + (1.66782 - 0.9154 \times 2.622)^{0.5}) / 0.9154$$

$$sK_{25,5\%} = 2.4966$$

$$iK_{25,5\%} = (1.66782 - (1.66782 - 0.9154 \times 2.622)^{0.5}) / 0.9154$$

$$iK_{25,5\%} = 1.1473$$

Los límites superior e inferior, dentro de los cuales se espera que caiga razonablemente el caudal Q_{25} estimado, están dados por las Ecs(29) y (30), así,

$$\text{Log } LS_{25,5\%} = 2.298396 + 2.4966 \times 0.29289$$

$$\text{Log } LS_{25,5\%} = 3.029625$$

$$\text{Log } LI_{25,5\%} = 2.298396 + 1.1473 \times 0.29289$$

$$\text{Log } LI_{25,5\%} = 2.634429$$

Luego,

$$Q_s = (10)^{3.029625} = 1069.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_l = (10)^{2.634429} = 431.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

El intervalo de confianza es, en este caso, bastante amplio debido al tamaño de la serie muestral; a medida que aumenta ésta, la amplitud del intervalo de confianza será menor.

La tabla siguiente proporciona nuevamente los caudales probables estimados en el Ejemplo 2 e incluye ahora los valores límite inferior y superior para cada caudal.

Los valores también fueron graficados mediante línea de trazos en el gráfico de la figura 2 que muestra la distribución Log-Pearson III previamente ajustada.

Tabla XII. Límites de confianza de los caudales probables según la distribución Log Pearson III

Período de retorno (m3/seg) (años)	Caudal Esperado	Limite Superior (m3/seg)	Limite Inferior
2	204.1	271.0	154.0
5	352.9	520.2	266.1
10	463.1	738.5	339.3
25	612.2	1069.7	431.0
50	728.6	1353.1	498.5

Error típico de estima

El error típico de estima, a menudo, se usa para construir límites de confianza como los considerados en el Ejemplo 5 anterior; en este caso los mismos están definidos, para un nivel de significación, dado por las ecuaciones siguientes:

$$LS = Q_T + s_e z_a \quad (35)$$

$$LI = Q_T - s_e z_a \quad (36)$$

donde Q_T es el valor del caudal correspondiente a un período de retorno T , z_a la variable tipificada de la distribución normal y s_e el error típico de estima que en la distribución de Gumbel se establece por la siguiente ecuación:

$$s_e = s \left[\frac{1 + 1.14K + 1.1K^2}{n} \right]^{0.5} \quad (37)$$

donde s es la desviación estándar de la serie original de tamaño n y K es el factor de frecuencia respectivo.

Para entender mejor su uso, se proporciona el siguiente ejemplo:

Ejemplo 6

Se desea establecer los límites de confianza de 90% para el caudal probable de 25 años estimado anteriormente, mediante la distribución de valores extremos de Gumbel (Ejemplo 1).

a) Datos proporcionados:

$$Q_T = 509.1 \text{ (m}^3\text{/s); } T = 25 \text{ años}$$

$$s = 122.03$$

Nivel de confianza deseado = 90%

Nivel de significación $\alpha = 5\%$

$$n = 15$$

b) $z_\alpha = 1.645$ (variable tipificada de la distribución normal)

para $n=15$

$$Y_n = 0.5120 \text{ y } S_n = 1.0206$$

$$y = 3.199$$

Por tanto

$$K = (y - Y_n) / S_n = (3.199 - 0.5120) / 1.0206 = 2.63 \text{ (factor de frecuencia)}$$

De Ec (37)

$$s_e = 122.03 \left((1 + 1.14 \times 2.63 + 1.1(2.63)^2) / 15 \right)^{0.5}$$

$$s_e = 107.34$$

De Ecs (35) y (36)

$$LS = 509.1 + 107.34 \times 1.645 = 685.67 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$LI = 509.1 - 107.34 \times 1.645 = 332.53 \text{ m}^3\text{/s}$$

Programas de computadora y uso de hojas electrónicas para realizar los cálculos

Existen diferentes herramientas computacionales que pueden aplicarse para realizar los análisis probabilísticos anteriores. El Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército Americano, tiene a disposición el Programa HECRDW que aplica toda la metodología contenida en el Bulletin 17B del U.S Water Resources Council.

El programa, además, es compatible con el manejo y procesamiento de datos con otros programas del Centro, tales como el HEC-1 para simulación en cuencas; HEC-2 para el cálculo de perfiles de agua y el HEC-5 para la simulación de operación de embalses.

También, y de más fácil acceso, están las rutinas en Hojas Electrónicas (Qpro, Excel, Lotus 1-2-3), que pueden ser fácilmente acondicionadas con macros para que operen lo más, automáticamente posible.

Pruebas de bondad de ajuste

Es evidente que la función de distribución de los datos muestrales es una aproximación de la función poblacional y puede esperarse que la concordancia entre ambas dependa del tamaño de la muestra.

Si la aproximación es suficientemente buena no podemos rechazar la hipótesis que la función poblacional es la función de distribución de tales datos; si la distribución muestral se desvía demasiado, es posible rechazarla.

En la estadística hidrológica existen procedimientos que permiten estimar la bondad con que distribuciones teóricas como las anteriormente usadas se ajustan a distribuciones muestrales tales como las series de observación hidrométrica tanto cuando los datos han sido representados por una función relativa o de densidad como por una distribución acumulada.

El criterio de ajuste depende de las diferencias entre ambas distribuciones. Para decidir en este sentido, es preciso, sin embargo, saber qué tanto puede diferir una distribución muestral de una distribución poblacional.

a) Prueba de Chi-cuadrado

Este test está basado en la distribución relativa o densidad de las series cuyos valores son divididos en intervalos de clase. La dificultad para la aplicación de esta prueba radica en lo corto de la serie de datos; la misma se vuelve satisfactoria, cuando se aplica a series independientes de $n > 50$ y una cantidad no menor de cinco en cada intervalo.

Siguiendo el criterio de las diferencias, se procede de la siguiente forma:

las ordenadas de la función de densidad se multiplican por n y hacemos que el histograma así formado, co base en los intervalos de clase, tenga un área interior también igual a n .

Así, se calcula el estadístico:

$$\chi^2 = \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (38)$$

donde O_i y E_i son los números de valores observados y esperados en cada intervalo de clase en la función de densidad y el histograma, respectivamente. Si el ajuste es perfecto, $\chi^2 = 0$; no obstante, aún con la escogencia de una función teórica apropiada y el método correcto para la estimación de sus parámetros, es inevitable que resulte un valor positivo diferente de cero debido a las fluctuaciones que experimentan los datos muestrales. Dado lo anterior y para probar la bondad del ajuste, se escoge un nivel de significación para indagar si el valor obtenido $\chi^2_{(v, 1-\alpha)}$ en tales niveles de confianza es significativamente alto.

Valores límites de $\chi^2_{(v, 1-\alpha)}$ para diferentes grados de libertad v están dados en tablas estadísticas.

El ejemplo siguiente proporcionará el procedimiento seguido para la estimación de X_2 y la evaluación de la bondad de ajuste:

Ejemplo 7

El rango total de los valores de caudales máximos extremos de una serie de 48 años de información han sido divididos en 10 clases que se proporcionan en la tabla XIII. siguiente. Usar la prueba de X_2 para determinar si la distribución de valores extremos de Gumbel, ajusta adecuadamente los datos de la serie al nivel significación de 5%.

a) Los parámetros estadísticos y los coeficientes de Gumbel de la serie de datos, son los siguientes:

$$n = 48 \quad Q_{\text{med}} = 79.5 \text{ m}^3/\text{s} \quad s_Q = 18.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Y_n = 0.5485 \text{ y } S_n = 1.1607 \text{ (de Tablas Nos. V y VI)}$$

Luego con las Ecs(9) y (10):

$$u = Q_{\text{med}} - s_Q Y_n / S_n =$$

$$= 79.5 - 18.3 \times 0.5485 / 1.1607 = 70.85$$

$$a = S_n / s_Q = 1.1607 / 18.3 = 0.0634$$

así, la función de distribución queda:

$F(x_i) = \text{Exp}(-e^{-0.0634(Q_x - 70.85)})$ (Probabilidad de no ocurrencia) luego, en la columna (6) de la tabla siguiente, se proporcionan los valores de probabilidad $(1-F(x_i))$ que corresponden a los límites superiores de las clases.

Tabla XIII. Prueba de Chi Cuadrado (X²)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Intervalo	Rango	ni	f _m (x _i)	F _m (x _i)	1-F(x _i)	p(x _i)	X ²
(i)	(m ³ /seg)		(ni/n)				
1	< 40	1	0.021	0.021	0.00085	0.0226	0.005
2	40-50	5	0.104	0.125	0.02351	0.1133	0.037
3	50-60	6	0.125	0.250	0.13676	0.2113	1.692
4	60-70	12	0.250	0.500	0.34806	0.2232	0.154
5	70-80	10	0.208	0.708	0.57130	0.1718	0.366
6	80-90	5	0.104	0.812	0.74306	0.1112	0.022
7	90-100	4	0.083	0.895	0.85425	0.0656	0.222
8	100-110	2	0.042	0.937	0.91983	0.0368	0.035
9	110-120	2	0.042	0.979	0.95664	0.0201	1.145
10	>120	1	0.021	1.000	0.97676	0.0232	0.010
Total		48	1.000			1.0000	3.666

$$X_2 = 48((f_m(x_i) - p(x_i))^2 / p(x_i))$$

De columna 8:

$$X_2 = 3.666$$

y los grados de libertad correspondientes:

$$v = 10 - 2 - 1 = 7$$

y de las tablas de X²:

$$X_{2(7,95\%)} = 14.1$$

Puesto que 3.666 < 14.1 la distribución se ajusta, adecuadamente, a la serie de datos al nivel de confianza deseado.

Métodos determinísticos

Los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos, y, posiblemente, nunca se conozca su comportamiento en su totalidad.

Para facilidad y simplificación, definimos como proceso hidrológico al sistema o conjunto de fases sucesivas que se interrelacionan en un *continuu*s natural del agua, aceptando dicho proceso como parcialmente fortuito y parcialmente predecible.

Cuando el comportamiento aleatorio y la oportunidad de ocurrencia del proceso son ignorados y se acepta que el mismo sigue una ley indubitable el proceso es considerado determinístico y lo definimos introduciendo las variables de tiempo y espacio en las formulaciones o modelos abstractos con que simulamos el comportamiento físico de las diferentes fases del ciclo del agua en la naturaleza. Una entrada dada produce siempre una misma salida. Para los efectos prácticos de esta tesis, sin embargo, sólo interesa una pequeña porción del terreno con estructura y fronteras delimitadas que definimos como cuenca que en determinado momento recibe aporte pluvial cuyos excedentes, después de la infiltración en el suelo, drenan sobre el espacio superior a diferentes cursos tributarios que, eventualmente, convergen para convertirse en el caudal de salida. La evaporación y los flujos del subsuelo también forman parte del caudal pero en condiciones de crecida son pequeños comparados con la magnitud del aporte superficial.

Los procesos hidrológicos varían en las tres dimensiones del espacio, pero tener en cuenta tal variación conduce a formulaciones imprácticas o difíciles de manipular, de allí que los modelos más usados conduzcan a simular una superficie. En este sentido, podemos diferenciar entre un modelo agregado y uno distribuido; en el primero, el sistema es promediado en la superficie o considerado como un punto único sin dimensiones tal como en algunas relaciones del proceso Lluvia-Escorrentía, donde la lluvia se considera uniforme en toda la cuenca y se ignora la distribución espacial interna del caudal de aporte; los modelos distribuidos por su parte, consideran que el proceso hidrológico ocurre en varios puntos de la superficie y define las variables del mismo en función de las dimensiones espaciales.

Características de la información disponible

La información básica hidrométrica y climática necesaria para la aplicación de los procedimientos determinísticos depende del método a utilizar, del número y tipo de estaciones de observación, de la longitud y calidad de sus registros, condiciones que en muchos casos dependen de la habilidad y preparación de los observadores.

La serie de los registros deberá ser representativa, es decir, que los datos concuerden con la realidad de la muestra; también deberá ser adecuada y las distintas series referidas a una misma longitud y, finalmente, precisa o, sea, que sus datos sean sistemáticamente similares sin cambios sustanciales en sus lecturas.

a) Caudales. La información dependerá del tipo de estación: lecturas de escala; vertederos (cuyo tipo estará en función de la magnitud de los aportes que desean medirse); caseta con limnógrafo y aforos sistemáticos para determinar variaciones en la relación nivel-caudal.

La información de caudales de los principales cursos de agua es obtenida por unidades especializadas de las instituciones de desarrollo: Instituto de Sismología, Vulcanología, y Meteorología (INSIVUMEH), Instituto Nacional de Electrificación (INDE), Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN); y la recolección y procesamiento de los datos básicos siguen procedimientos similares establecidos con anterioridad por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Básicamente, se dispone de información sobre caudales medios, diarios o mensuales y valores extremos; por lo general, las series están interrumpidas o son muy cortas.

b) Lluvias. Los valores de lluvia más comunes son lecturas de pluviómetros cuya magnitud es escalar y de forma totalizada para un evento. Se obtienen normalmente datos de valores máximos mensuales y anuales y parte de la información nacional es publicada con regularidad en Boletines Climáticos por el Departamento de Servicios Hidrológicos de la Dirección de Recursos Hídricos, del INSIVUMEH. En las otras instituciones mencionadas anteriormente, es necesario solicitar los valores en sus respectivas oficinas.

Los datos de lluvia corresponden, normalmente, a los valores máximos de 24 horas, observados a las 07 horas de cada día. La Red de observación pluviométrica es de mayor densidad que la hidrométrica aunque aún existen en el país algunas zonas con poca o ninguna cobertura.

El INSIVUMEH también incluye en sus boletines registros pluviográficos para duraciones de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos.

Métodos de determinación de caudales mediante la relación lluvia – escorrentía

La derivación de la relación entre la lluvia que cae sobre la superficie de una cuenca y la escorrentía que se concentra en el río respectivo es un problema básico en la estimación de caudales de diseño.

A falta de investigaciones específicas y de recolección y análisis de la información hidrométrica, los caudales de diseño, a menudo, se evalúan con métodos indirectos cuyas bases descansan en la relación Lluvia-Escorrentía, variando desde ecuaciones simples que relacionan unos pocos parámetros físicos de la superficie tributaria de interés hasta simulaciones matemáticas complejas o tratando, algunas veces, de aproximar los resultados con estudios en cuencas adyacentes o similares o buscando la calibración de tales simulaciones con algún registro específico.

Naturalmente, el tamaño del área bajo consideración afecta la relación citada; en aquellas superficies de drenaje muy pequeñas, cuya naturaleza puede considerarse homogénea, la relación podría ser bastante simple; sin embargo, para cuencas muy grandes y amplios períodos de tiempo, la heterogeneidad de su naturaleza exigirá relaciones más complejas.

A) Método racional

La Fórmula Racional es el método que, tradicionalmente, ha sido utilizado en el país, para diferentes diseños de obras hidráulicas viales, de riego y de drenaje. La relación tiene la forma siguiente:

$$Q = CIA \quad (39)$$

donde:

C = Coeficiente de Escorrentía, cuyo valor depende de las características de la superficie de drenaje;

i = intensidad de la lluvia en el tiempo de concentración T_c ;

A = área de la cuenca.

A.1) Base Metodológica

El Método Racional, de más de 100 años de uso, es considerado el procedimiento más popularmente difundido y de más amplia aplicación en la práctica del drenaje urbano y de cuencas rurales pequeñas.

Su aplicación y difusión está en función de la simplicidad de sus principios:

- .- consideración de la cuenca de drenaje como una sola unidad;
- .- estimación del caudal en el punto más abajo del sistema únicamente;
- .- la frecuencia del caudal máximo es igual a la frecuencia del evento de lluvia que lo produce.

A.2) Restricciones de Uso en función del tamaño de la cuenca.

Estas consideraciones han sido ampliamente estudiadas en cuencas urbanas con medición de la lluvia y el escurrimiento y los resultados son aceptables con un 25% de error. Cualquier mejoramiento en la estimación de los caudales por métodos más actualizados, se enfrentará con la falta de una serie de datos, la necesidad de aumentar la campaña de investigación de campo a un costo mayor del estudio o caer en otros coeficientes de estimación que constituyen los parámetros de ecuaciones más complejas. Par a mantener la dimensión de los caudales máximos en un rango aceptable, la extensión del área a aplicarse el Método Racional se limita, en definitiva, a 400 Hectáreas, con superficies hasta 80% urbanizadas y tiempo de concentración de hasta 5 minutos, como mínimo.

En el sistema métrico la fórmula puede expresarse:

$$Q = 0.278CiA \quad (40)$$

donde:

$Q = m^3/s$, $i = mm/hora$ y $A = Km^2$

A.3) Coeficientes de escorrentía

El coeficiente C de escorrentía ajusta la relación entre el volumen precipitado por unidad de tiempo ($i A$), al volumen escurrido por unidad de tiempo; es decir, es una relación de escurrimiento- precipitación. Los valores de C varían desde 0.05 para áreas arenosas planas hasta 0.95 para superficies urbanas impermeables o suelos arcillosos.

Es necesario tener un conocimiento apropiado de la superficie de contribución para estimar valores de C aceptables. Los valores más usuales de este coeficiente para áreas urbanas y rurales se proporcionan en la tabla siguiente.

Estos coeficientes propuestos son únicamente para períodos de retorno de 5 a 10 años; para valores mayores de período de retorno se recomiendan los siguientes factores de corrección:

Tabla XIV. Coeficientes de escorrentía áreas pobladas

a) Tipo de área	Valor de C
1) COMERCIAL	
Centro de la ciudad	0.70 a 0.95
Alrededores	0.50 a 0.70
2) RESIDENCIAL	
Unifamiliar	0.30 a 0.50
Multifamiliar separado	0.40 a 0.60
Multifamiliar agrupado	0.60 a 0.75
Zonas Marginales	0.25 a 0.40
3) INDUSTRIAL	
Liviana	0.50 a 0.80
Pesada	0.60 a 0.90
4) OTROS	
Parques y cementerios	0.10 a 0.25
Parques de juegos	0.20 a 0.35
Jardines y zonas verdes	0.30
Praderas	0.20
b) Tipo de superficie	
1) PAVIMENTOS	
Asfalto o concreto	0.70 a 0.95
Adoquín	0.70 a 0.85
2) TECHOS Y AZOTEAS	
	0.75 a 0.95
3) CAMINOS DE GRAVA	
	0.30
4) ÁREAS DE SUELO ARENOSO	
Planas (2%)	0.05 a 0.10
Mediana (2 a 7%)	0.10 a 0.15
Inclinada (7% ó más)	0.15 a 0.20
5) ÁREAS DE SUELO PESADO	
Planas (2%)	0.13 a 0.17
Mediana (2 a 7%)	0.18 a 0.22
Inclinada (7% ó más)	0.25 a 0.35

Estos coeficientes propuestos son únicamente para períodos de retorno de 5 a 10 años; para valores mayores de período de retorno se recomiendan los siguientes factores de corrección:

Tabla XV. Factores de corrección

<u>Período de retorno (años)</u>	<u>Factor</u>
25	1.10
50	1.20
100	1.25

En ciertas condiciones, en superficies no pavimentadas y edificadas, es conveniente considerar coeficientes de escurrimiento como los siguientes:

Tabla XVI. Coeficientes de escurrimiento

Pendiente media Del terreno	<u>Permeabilidad del suelo</u>			
	muy baja (piedra y arcilla)	baja (limo arenoso)	media (limo y grava)	alta
<u>(arena)</u>				
Llano 0-1%	0.55	0.40	0.20	
0.05				
Suave 1-4%	0.75	0.55	0.35	
0.20				
Medio 4-10%	0.85	0.65	0.45	
0.30				
Empinado >10%	0.95	0.75	0.55	
<u>0.40</u>				

Los valores del coeficiente de escorrentía "C" son promedios ya que éste depende de diferentes variables que para nuestro medio, sin investigación, se tienen que tomar tal cómo son propuestos.

Adicionalmente, en las áreas urbanas, los valores de C pueden verse incrementados por las deficiencias en las superficies de escurrimiento por la falta de mantenimiento y deterioro de las calles, cunetas y tragantes.

Cuando existan áreas tributarias en zonas de diferentes valores de C, es recomendable estimar un coeficiente ponderado de acuerdo a la magnitud del área de cada zona.

A.4) Intensidad de la lluvia

En la ecuación Ec. (40) anterior, i representa la intensidad media y asume que la tasa de precipitación es constante durante el tiempo de concentración T_c ; además, se estima que toda la lluvia medida sobre el área de interés contribuye al flujo y que el caudal Q es el caudal máximo y ocurre después del tiempo T_c .

A.5) Tiempo de concentración - Fórmulas para su estimación

El tiempo de concentración T_c es el tiempo requerido para que la escorrentía, producto de la lluvia que ha caído en la parte más remota de la cuenca, fluya hasta la sección de interés. Se han propuesto numerosas fórmulas para su estimación; las siguientes son algunas de las más utilizadas:

Fórmula de California Culverts Practice:

$$T_c = 0.95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (41)$$

donde:

T_c = tiempo de concentración en horas;

L = longitud del tributario más largo en km;

H = diferencia de elevación en metros entre el punto más alto de la cuenca y el punto de interés.

Fórmula de Rizha:

$$T_c = \frac{L}{72(S)^{0.6}} \quad (42)$$

donde:

T_c = tiempo de concentración en horas;

L = longitud del tributario más largo en Km;

S = pendiente del cauce, m/m.

Fórmula de Giandotti:

$$T_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{H}} \quad (43)$$

donde:

T_c = tiempo de concentración en horas;

A = superficie de la cuenca en Km²;

L = longitud de tributario mayor en Km;

H = diferencia de elevación en la longitud del tributario mayor en mts.

En los problemas de drenaje urbano el tiempo de concentración deberá incluir componentes de:

- 1) Tiempo de entrada, o sea el tiempo necesario para que el agua llegue al tragante o al mecanismo de entrada a las alcantarillas o colector; y
- 2) Tiempo de recorrido dentro de los conductos del sistema hasta el punto de descarga, o el tiempo de traslado que existe en una cierta longitud del colector, comprendida entre dos tragantes consecutivos.

Para la determinación del tiempo de entrada deberá tenerse en consideración:

- 1) la pendiente media de la superficie a drenar.
- 2) la naturaleza de la superficie cubierta.
- 3) la distancia media hasta el punto del tragante de entrada.
- 4) la acción de retardo por el almacenamiento de agua en su recorrido; y
- 5) la distancia entre tragantes.

El tiempo de entrada no será menor de 5 minutos.

En distritos comerciales con pendientes relativamente planas y con un espaciamiento mayor, el tiempo se alarga a 10 ó 15 minutos.

En áreas residenciales, comparativamente planas, en las que las entradas de calle tienen un mínimo de pendiente, transcurren de 20 a 30 minutos para la captación. Valores típicos usados son de 10 a 20 minutos.

Para patrones de escurrimiento por rutas diferentes, se tomará el tiempo de concentración como aquél de mayor magnitud.

A.6) Escurrimiento superficial

El escurrimiento por las superficies puede ser determinado a través de numerosas fórmulas

empíricas correlaciones matemáticas y el uso de nomogramas para representar los componentes del tiempo de concentración, longitud, pendiente y factor de rugosidad para la superficie.

Para el drenaje urbano EMPAGUA, en su propuesta de Normas de Diseño, incluye el uso de una fórmula cinemática para determinar el tiempo de concentración, fórmula basada en la onda cinemática cuyas consideraciones matemáticas y de análisis están fuera de las consideraciones del Método Racional.

Lo más recomendable es usar expresiones del tiempo de concentración en función de las características físicas del medio de transporte de la esorrentía.

Un ejemplo puede ser el nomograma presentado en el gráfico de la figura 3. a continuación:

Para el escurrimiento en superficies específicas, los valores recomendados para el coeficiente de resistencia son:

Tabla XVII. Coeficientes de resistencia para escurrimiento superficial

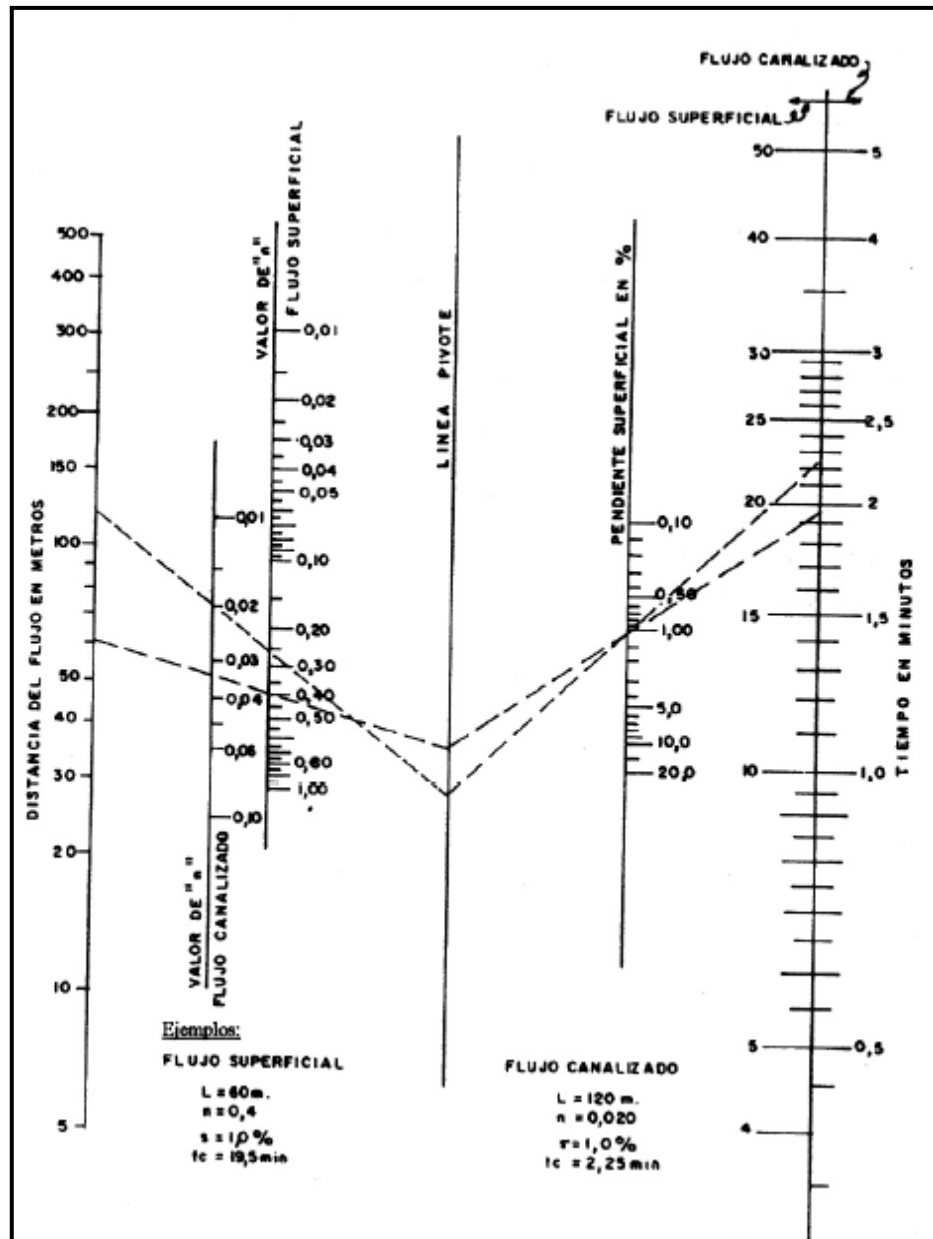
<u>Tipo de superficie</u>	<u>"n" de Manning</u>
Concreto o asfalto	0.010 - 0.013
Arena suelta	0.010 - 0.016
Superficie gravosa	0.012 - 0.030
Suelo desnudo de arcilla y limo (erosionado)	0.012 - 0.033
Vegetacion dispersa	0.053 - 0.130
Gramas corta en descampado	0.10 - 0.20
Gramas humedecida	0.17 - 0.48

También pueden estimarse a partir de la velocidad de escurrimiento en laderas, conforme al siguiente cuadro en la Figura 4

Tabla XVIII. Velocidades de escurrimiento en laderas

Pendiente de las laderas (%)	COBERTURA VEGETAL		
	Vegetación densa o de cultivos (m/min)	Pastos o vegetación ligera (m/min)	Ninguna (m/min)
0-5	25	40	70
5-10	50	70	120
10-15	60	90	150
15-20	70	110	180

Figura 3. Monograma con velocidades de escurrimiento



Como regla práctica para pequeñas áreas de captación (5 Ha) se tomará un tiempo de concentración de 15 minutos. Este período puede utilizarse para extensiones de hasta 20 Ha. en zonas planas.

Un enfoque razonable del problema sería añadir 1 minuto por cada hectárea adicional, hasta un total de 20 Ha.

Para determinar el tiempo de traslado en el colector, existen varios criterios: la velocidad en función del tubo lleno, por proceso iterativo en función de la velocidad real, etc., pero ninguno de ellos exige mayor examen dado el orden de incertidumbre que existe en la Fórmula Racional.

El tiempo de traslado en el colector será calculado, conocidas las características de éste en función de la longitud del colector y de la velocidad real de circulación:

$$t_t = \frac{\textit{Longitud del tramo}}{\textit{Velocidad del tramo}} \quad (44)$$

A.7) Intensidad-Duración de la lluvia.

Los registros pluviográficos máximos históricos para diferentes duraciones, comúnmente, son llevados a un gráfico que permite conocer la relación Duración-Intensidad en los lugares de observación y posibilita la estimación de valores de la intensidad de la lluvia y los caudales respectivos para diferentes duraciones. Tomando los eventos mayores de cada duración, es posible tener una relación envolvente de la intensidad en los lugares de observación.

El gráfico de la figura 3.5 muestra la relación Duración-Intensidad estimada para el litoral Atlántico con los registros mayores de los valores máximos anuales.

A.8) Aplicación de la Fórmula Racional

El ejemplo siguiente permitirá entender el uso de la Fórmula Racional.

Ejemplo 8

Estimar la crecida en un curso superficial que drena una superficie de contribución de 4.5 Km²; en las vecindades del tramo carretero Morales-Puerto Barrios, 50% urbano, plano y 50% cultivado; se observa 120 metros de diferencia vertical y 3400 de diferencia horizontal entre el punto más alto y el desagüe; suelos arcillosos.

Solución:

a) Estimación del coeficiente de escorrentía:

CONDICIÓN	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Plano	C = 0.40	
Topografía: 28 m/km		C=0.12
Suelo arcilloso		C=0.10
Vegetación: cultivos		C=0.10
Suma	0.40	0.32
Valores por zona	C1=0.40	C2=1-0.32=0.68

Por lo tanto $C_{med} = (0.40+0.68)/2=0.54$

b) Estimación del tiempo de concentración:

Usando las fórmula de California Culverts

Practice Ec(41)

$$T_c = 0.95(3.43/120)^{0.385} = 0.618 \text{ horas}$$

$$T_c = 37 \text{ minutos}$$

c) Estimación de la intensidad de la lluvia

Con los registros pluviográficos históricos más cercanos, figura 4, se estimó la intensidad media de la zona entrando en la figura citada con el valor del tiempo de concentración previamente estimado: $T_c=37$ minutos.

$$\text{Así, } i = 99.4 \text{ mm/hora}$$

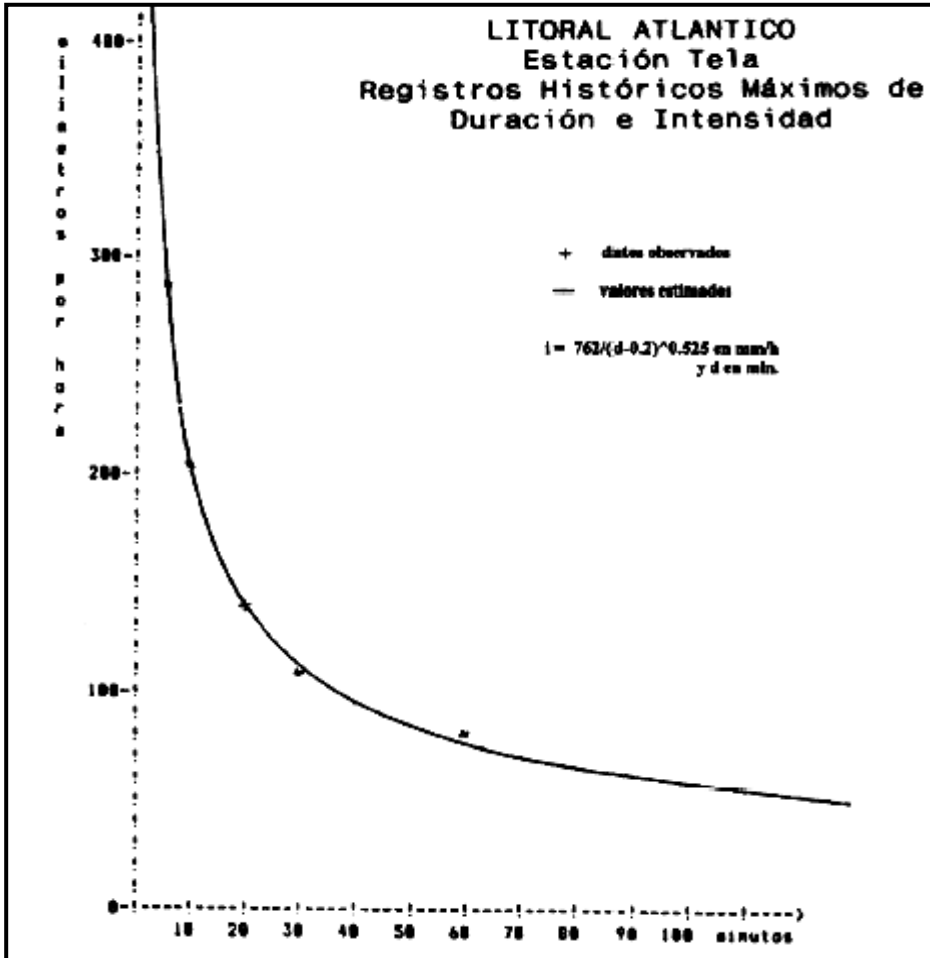
luego de Ec(40),

$$Q = 0.278 \times 0.54 \times 99.4 \times 4.5 = 67.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

A.9) Curvas de Duración Intensidad- Frecuencia

Los registros pluviográficos de duración e intensidad puntuales históricos también son llevados a un análisis de frecuencias como los citados anteriormente a fin de construir curvas que permitan estimar valores de intensidad extremos para diferentes duraciones y períodos de retorno en las vecindades del lugar de observación obteniendo, así, diferentes caudales al aplicar el Método Racional, permitiendo mayores opciones para el diseño.

Figura 4. Registros máximos de duración/ intensidad



La frecuencia escogida depende de aspectos económicos del daño por inundación. En zonas residenciales, tales frecuencias representan períodos de retorno de 1 a 10 años, en zonas de mayor riesgo se adoptan períodos mayores.

Un ejemplo de los resultados de este análisis son las curvas I-D-F (como comúnmente se conocen), calculadas para el valle del Atlántico, que se proporcionan en el gráfico de la figura 4.

Se realizaron cálculos similares usando los diferentes registros de la red pluviográfica del país, logrando preparar mapas de precipitaciones a nivel nacional que se anexan a este Trabajo de Graduación y que darán mucho apoyo al diseñador de las estructuras de drenaje vial.

B) Método del hidrograma unitario

La planificación tanto para el aprovechamiento de los recursos de agua como para el manejo y control de los caudales de avenida, hace necesario conocer la magnitud y distribución temporal de los mismos. Los efectos fisiográficos e hidrometeorológicos de la cuenca quedan reflejados en el hidrograma y de ellos depende su forma; comúnmente, es representado por un gráfico que muestra las variaciones del flujo en función del tiempo y es obtenido de los registros automáticos gráficos y continuos de nivel o de observaciones directas en lapsos determinados con apoyo de la curva de descarga previamente elaborada en la Estación de Aforos.

Los ríos y quebradas permanentes escurren la mayor parte del año una cierta cantidad de agua que constituye el *flujo base* cuyos orígenes son los manantiales y contribuciones subterráneas que lograron almacenarse en los intersticios y depósitos del suelo en precipitaciones anteriores. Cuando separamos este flujo base del hidrograma de una determinada crecida, construimos un hidrograma de *escorrentía directa* y es posible buscar una relación estrecha entre estos aportes propios de la crecida y la lluvia neta que la produjo.

Un hidrograma puede manifestar una o varias de crecidas dependiendo del tiempo de concentración de las aguas en el cauce y de la variación temporal del aguacero. La parte ascendente del hidrograma es conocida como *curva de concentración*, las vecindades del pico o caudal máximo es conocido como *cresta* y la porción descendente es la *curva de recesión o agotamiento*.

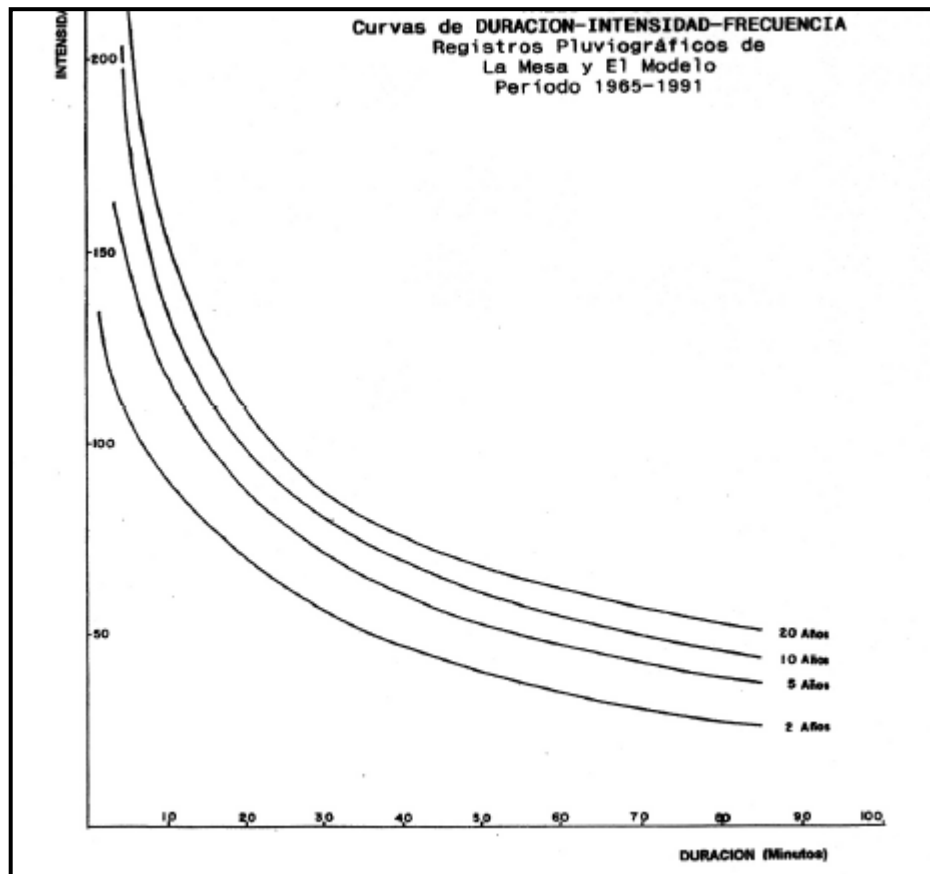
Hidrograma unitario natural

Se han desarrollado diferentes métodos para estimar hidrogramas de crecida o los caudales máximos respectivos, producto de eventos de lluvias extraordinarias conocidas. Entre todos, el procedimiento del *Hidrograma Unitario (HU)* ha tomado mayor atención desde su introducción en los análisis hidrológicos en 1930. Definido, originalmente, como el hidrograma de escorrentía directa producto de una lluvia distribuida uniformemente en tiempo y espacio sobre el área total de la cuenca en un tiempo unitario el *HU*, en la práctica, es el resultado de una unidad de lluvia efectiva caída sobre la cuenca durante T horas cuyo valor depende del tamaño de la cuenca y del tiempo de respuesta de la misma a los principales eventos pluviales. El valor estándar de la lluvia efectiva, originalmente adoptado, fue la pulgada; no obstante, es común en el sistema métrico adoptar ahora el milímetro o el centímetro. Al expresar las ordenadas en $m^3/seg/mm$, el volumen de escorrentía superficial directa está representado por el área bajo el hidrograma y es equivalente a un milímetro de lluvia sobre el área de la cuenca. Cuando se tienen registros gráficos de crecidas en el sitio de interés o próximos a él, es factible la deducción del HU de T-horas siguiendo el procedimiento citado una vez descontado el flujo base; cuando las ordenadas han sido obtenidas a satisfacción, constituye una herramienta básica para la estimación de crecidas producto de lluvias intensas conocidas previamente. El ejemplo siguiente permitirá entender el uso del HU:

Tabla XIX. Estimación del hidrograma de crecida (16 de septiembre 1992)

Horas	HU-2h (m3/s mm)	Hora local	Lluvia efectiva (mm)				Caudal	
			3	10	25	40	Base	Total
0	0.0	06:30	0.0				1.60	1.60
2	4.0	08:30	12.0	0.0			1.60	13.60
4	6.3	10:30	18.9	40.0	0.0		1.55	60.45
6	4.7	12:30	14.1	63.0	100.0	0.0	1.55	178.55
8	3.6	14:30	10.8	47.0	157.5	16.0	1.40	232.70
10	2.7	16:30	8.1	36.0	117.5	25.2	1.60	188.40
12	1.9	18:30	5.7	27.0	90.0	18.8	1.70	143.20
14	1.2	20:30	3.6	19.0	67.5	14.4	1.80	106.30
16	0.7	00:30	2.1	12.0	47.5	10.8	1.80	74.20
18	0.3	02:30	0.9	7.0	30.0	7.6	1.80	43.30
20	0.0	02:30	0.0	3.0	17.5	4.8	1.80	27.10
		04:30		0.0	7.5	2.8	1.80	12.10
		06:30			0.0	1.2	1.80	3.00
		08:30				0.0	1.80	1.80

Figura 5. Curvas de duración intensidad/frecuencia



Hidrogramas unitarios sintéticos

La necesidad de aplicar el método del hidrograma unitario en cuencas sin información de caudales llevó a los investigadores a relacionar rasgos de los hidrogramas unitarios naturales

con las características de las cuencas respectivas; el resultado de este procedimiento de síntesis de los datos es conocido comúnmente como Método del Hidrograma Unitario Sintético (HUS).

Método de Snyder

El Cuerpo de Ingenieros del ejército americano emplea, a menudo, las técnicas desarrolladas originalmente por Snyder y ampliadas posteriormente por Taylor. Las relaciones del hidrograma unitario y algunas características físicas de interés de la cuenca están dadas por las siguientes ecuaciones, convertidas al sistema métrico:

$$t_p = 0.75C_t(LL_{ca})^{0.3} \quad (45)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (48)$$

$$T = 3 + \frac{t_p}{8} \quad (46)$$

$$q_p = 0.275 \frac{C_p}{t_p} \quad (47)$$

donde:

t_p = tiempo pico transcurrido desde el centro de gravedad de la precipitación, hasta el pico de la avenida en horas;

C_t = coeficiente que depende de las características de la cuenca;

C_p = coeficiente que depende del área de la cuenca y de las características del hidrograma;

L = longitud del cauce principal en Km;

L_{ca}= Distancia desde la proyección del centro de gravedad de la cuenca hasta la sección de interés, siguiendo el curso principal;

t_r= duración efectiva de la lluvia en horas;

T = tiempo base del hidrograma en horas;

q_p = caudal pico del hidrograma unitario en m³/seg/mm.

Un mejoramiento en la estimación de t_p consiste en incluir la pendiente media del curso de interés:

$$t_p = 0.508 C_t \left(\frac{L L_{ca}}{S^{0.5}} \right)^{0.38} \quad (49)$$

donde S es la pendiente media del curso de interés expresada en m/m.

Método del Hidrograma Adimensional (SCS)

Este es otro procedimiento del hidrograma sintético, en el cual las abcisas y ordenadas se expresan por las razones del caudal y el caudal pico (q/q_p) y el tiempo al pico (t/T_p); el hidrograma unitario puede estimarse a partir de esta forma de hidrograma adimensional preparado previamente para la cuenca de interés.

El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos ha desarrollado un hidrograma adimensional medio, analizando un amplio número de hidrogramas naturales de diferentes tamaños y localidades, aproximando el tiempo de recesión como 1.67T_p en una forma triangular simplificada y ajustando el área interior a la unidad de escorrentía directa, obteniendo así la relación

Siguiente:

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad (50)$$

donde C = 2.08 y A es el área de la cuenca en Km².

denomina unitarios o elementales. En el sistema inglés, $C = 483.4$ y el área está expresada en millas cuadradas.

Adicionalmente, se adoptó el tiempo de retardo $t_p = 0.6 t_c$, donde t_c es el tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo al pico también fue expresado en términos del tiempo de retardo y la duración de la lluvia efectiva por la relación:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (51)$$

Aplicación del hidrograma unitario

Generalidades.

Los rasgos más inmediatos y elementales del proceso de transformación de las precipitaciones sobre una cuenca en caudales en su punto de desagüe, ya se indicaron anteriormente; procede ahora avanzar con una metodología capaz de deducir los unos en función de las otras, es decir, llegar a una ley cronológica de las salidas de agua (hidrograma), una vez conocidas las entradas de la misma (pluviograma o hietograma).

Proponemos para tales fines el modelo de cálculo que ofrece el hidrograma unitario, cuyos principios ya estableció Sherman en 1932.

Hipótesis básicas.

En una cuenca dada, los hidrogramas debido a aguaceros con lluvias netas de la misma duración D son todos afines con el mismo tiempo de base y caudales proporcionales a sus respectivas escurrientías.

Para que la diferencia en el reparto temporal y espacial de las precipitaciones de unos aguaceros a otros no deje sentir su influencia, es preciso determinar, primordialmente, los valores de D (duración de la lluvia neta) y A (superficie de la cuenca). Como órdenes de magnitud se pueden señalar los siguientes: $D < 1/5 T_c$ y $A < 2,000 \text{ km}^2$. A los hidrogramas que cumplen estas condiciones se les denomina unitarias o elementales.

Si el episodio lluvioso es de mayor duración, habrá que dividirlo en períodos más cortos que cumplan con la limitación impuesta, admitiendo que el hidrograma total será la suma de los correspondientes a los aguaceros parciales. En todo lo que sigue supondremos que el área objeto del estudio, no sobrepasará el límite marcado.

Las hipótesis anteriores no son rigurosas, sino de trabajo, pero suficientemente aproximadas a los fines prácticos, como se ha podido comprobar empíricamente.

Morfología

Los hidrogramas unitarios se pueden asimilar a triángulos en una primera aproximación generalmente suficiente a los fines prácticos.

El tiempo de base cumplirá la condición de todo hidrograma $T_b = D + T_c$

El tiempo al pico T_p se puede expresar como $T_p = D/2 + K T_c$, siendo K variable de unas cuencas a otras, pues cuanto más concentradas estén en la cabecera la superficie y las precipitaciones, tanto mayor será K . En cuencas de morfología no singular, mientras se incorporan experiencias locales, se adoptará el valor deducido experimentalmente por el Soil Conservation Service (SCS):

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c \quad (52)$$

Resulta así el hidrograma de la figura 6. Igualando el área del triángulo a la lluvia neta E caída durante el intervalo D resulta, en unidades métricas, Q (m³/seg), E (mm), T_c (hr), D (hr).

$$Q = \frac{A E}{1.8 T_b} = \frac{A E}{1.8 (T_c + D)} \quad (53)$$

Proceso de cálculo

El cálculo del hidrograma de escorrentía superficial debido a un aguacero, cuyo pluviograma es conocido, se hace en dos pasos fundamentales:

i) Se desglosa del pluviograma su componente neta mediante la correspondiente ley del Soil Conservation Service, según se indica en la figura 7c.

ii) Una vez obtenido el pluviograma neto, se descompone en intervalos de duración $D < 1/5 T_c$, y la escorrentía entrante en cada uno de ellos sale por el punto de desagüe según el correspondiente hidrograma unitario. El hidrograma total será la suma de los parciales (convolución de hidrogramas).

El proceso se detalla en la figura 7d donde se desarrolla un ejemplo.

Método de Nakayasu

En otros países se ha utilizado, extensivamente el Hidrograma Unitario del Dr. Nakayasu, recomendado en el Manual de Diseño y Procedimientos de Construcción de Obras Hidráulicas, del Ing. Civil Yoshihiro Takemoto de la Misión Japonesa JICA.

El método establece las siguientes ecuaciones:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{AR_0}{3.6 (0.3T_1 + T_{0.3})} \quad (54)$$

en el tramo creciente.

Cuando

$$0 < t < T_1 ; \frac{Q_a}{Q_{m\acute{a}x}} = \left(\frac{t}{T_1}\right)^{2.4} \quad (55)$$

en el tramo decreciente.

Cuando

$$1 > \frac{Q_d}{Q_{m\acute{a}x}} > 0.3; \frac{Q_d}{Q_{m\acute{a}x}} = 0.3 \frac{t - T_1}{T_{0.3}} \quad (56)$$

Cuando

$$0.3 > \frac{Q_d}{Q_{m\acute{a}x}} > 0.3^2; \frac{Q_d}{Q_{m\acute{a}x}} = 0.30 \frac{t - T_1 + 0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}} \quad (57)$$

$$0.3^2 > \frac{Q_d}{Q_{m\acute{a}x}}; \frac{Q_d}{Q_{m\acute{a}x}} = 0.30 \frac{t - T_1 + 1.8T_{0.3}}{2.0T_{0.3}} \quad (58)$$

donde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = Máxima descarga en el Hidrograma Unitario (m³/seg);

Q_a = Descarga en el Hidrograma Unitario Creciente (m³/seg);

Q_d = Descarga en el Hidrograma Unitario Decreciente (m³/seg);

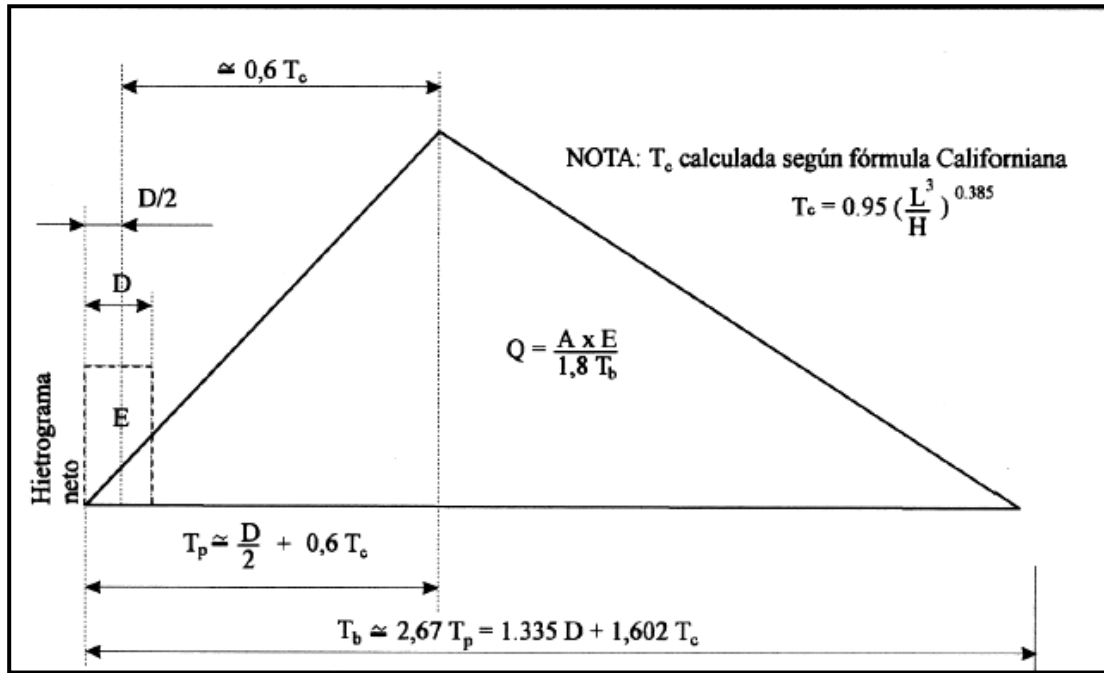
A = rea de la cuenca (Km²);

R_0 = Precipitación Efectiva Unitaria (mm);

T_1 = Tiempo entre el comienzo y la descarga máxima (horas);

L = Distancia máxima a lo largo del cauce (Km);

Figura 6. Hidrograma unitario triangular



Propuesto por el U.S. Boreau of Reclamation

Cuando $L < 15$

$$t_g = 0.21 L^{0.7} \quad (59)$$

Cuando $L > 15$

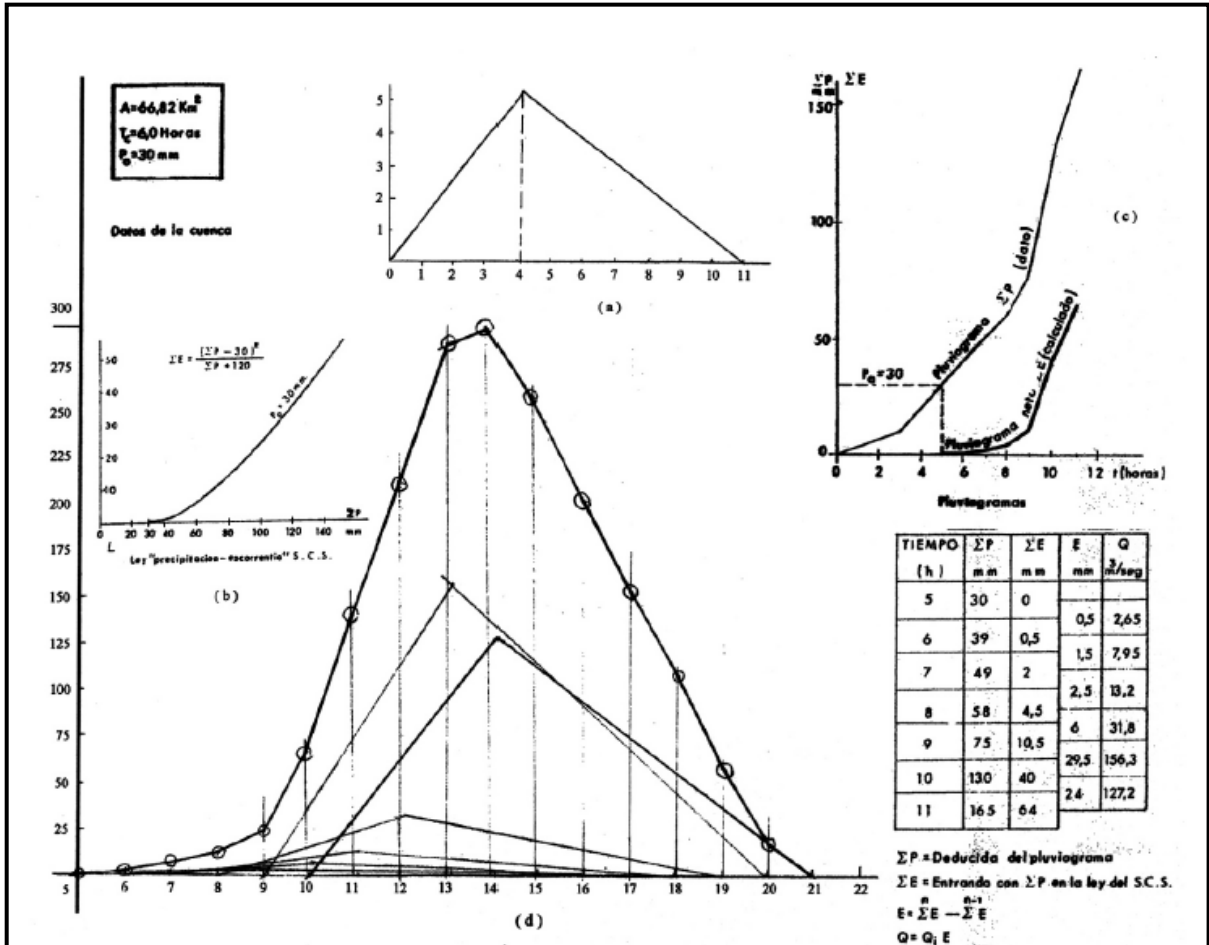
$$t_g = 0.4 + 0.058 L \quad (60)$$

$T_{0.3}$ = Tiempo hasta que la descarga decrece a $0.3Q_{\text{máx}}$;

$$T_{0.3} = 0.47(AL)^{0.25} \quad (61)$$

$$T_1 = t_g + 0.8 t_r \quad (62)$$

Figura 7. Ejemplo de aplicación del hidrograma unitario



Se muestra a continuación un ejemplo de la aplicación del Hidrograma Unitario del Dr. Nakayasu:

Ejemplo

Un río tiene una cuenca con un área de 110.8 km² y 14 km de longitud de cauce. Estimar el Hidrograma unitario de este río por el método del Dr. Nakayasu, utilizando $R_0 = 1 \text{ mm}$.

Solución

$$T_{0.3} = 0.47 (A.L)^{0.25} = 0.47 (110.8 \times 14)^{0.25} = 3 \text{ hr}$$

$$t_g = 0.21 L^{0.7} = 0.21 \times 140.7 = 1.33 \text{ hr}$$

$$T1 = t_g + 0.8 t_R = 1.33 + 0.81 \times 1 = 2 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{máx}} = A.R/3.6(0.3 T1 + T0.3) = 110.8 \times 1/3.6(0.3 \times 2 + 3) = 8.55 \text{ m}^3/\text{s mm}$$

A continuación se efectúa el cálculo del hidrograma unitario:

Para el tramo creciente:

$$t = 1 \text{ hr}$$

$Q_a/Q_{\text{máx}} = (t/T - 1)2.4$ sustituyendo los valores obtenemos:

$$Q_{a1}/8.55 = (1/2 - 1)2.4 = 0.189; Q_{a1} = 1.62 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 2 \text{ hr}$$

$$Q_{\text{máx}} = 8.55 = (Q_{a2}) = (Q_{d0})$$

$$Q_{a2} = 8.55 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

Para el tramo decreciente:

$$1 > Q_d / Q_{\text{máx}} > 0.3$$

donde

$$Q_d / Q_{\text{máx}} = 0.31 \frac{(t - T_1)}{(T_{0.3})}$$

Sustituyendo valores es posible conocer el valor de Q_d

$$t = 3 \text{ hr}$$

$$Q_d/8.55 = 0.3(3-2/3) = 0.6694;$$

$$Q_{d1} = 5.72 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 4 \text{ hr}$$

$$Q_d/8.55 = 0.3(4-2/3) = 0.4481;$$

$$Q_{d2} = 3.83 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 5 \text{ hr}$$

$$Q_d/8.55 = 0.3(5-2/3) = 0.3;$$

$$Q_{d3} = 2.57 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

Segundo caso

Cuando $0.3 > Q_d/Q_{m\acute{a}x} > 0.32$

donde:

$$Q_d/Q_{m\acute{a}x} = 0.3(t-T_1+0.5 T_0.3/1.5T_0.3)$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$t = 6 \text{ hr}$$

$$Q_{d4}/8.55 = 0.3(6-2+0.5 \times 3/1.5 \times 3) = 0.2296;$$

$$Q_{d4} = 1.96 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 7 \text{ hr}$$

$$Q_{d5}/8.55 = 0.3(7-2+0.5 \times 3/1.5 \times 3) = 0.1757;$$

$$Q_{d5} = 1.50 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 8 \text{ hr}$$

$$Q_{d6}/8.55 = 0.3(8-2+0.5 \times 3/1.5 \times 3) = 0.134;$$

$$Q_{d6} = 1.15 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 9 \text{ hr}$$

$$Q_{d7}/8.55 = 0.3(9-2+0.5 \times 3/1.5 \times 3) = 0.1029;$$

$$Q_{d7} = 0.879 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 10 \text{ hr}$$

$Q_{d8}/8.55 = 0.3(10-2+0.5 \times 3/1.5 \times 3) = 0.078$; este valor es menor que 0.32, por lo tanto, no cumple la

condición y se debe pasar al siguiente caso.

Tercer caso:

Cuando $0.32 > Q_d/Q_{m\acute{a}x}$ donde $Q_d/Q_{m\acute{a}x} =$

$$= 0.3(t-T_1+1.5 T_0.3/2T_0.3)$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$Q_{d8}/8.55 = 0.3(10-2+1.5 \times 3/2 \times 3) = 0.0814 < 0.32 \text{ OK}$$

$$Q_{d8} = 0.70 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 11 \text{ hr}$$

$$Q_{d9}/8.55 = 0.3(11-2+1.5 \times 3/2 \times 3) = 0.0666;$$

$$Qd9 = 0.57 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 12 \text{ hr}$$

$$Qd10/8.55 = 0.3(12-2+1.5x3/2x3) = 0.0545;$$

$$Qd10 = 0.47 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 13 \text{ hr}$$

$$Qd11/8.55 = 0.3(13-2+1.5x3/2x3) = 0.04459; Qd11 =$$

$$= 0.38 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 14 \text{ hr}$$

$$Qd12/8.55 = 0.3(14-2+1.5x3/2x3) = 0.03648;$$

$$Qd12 = 0.31 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 15 \text{ hr}$$

$$Qd13/8.55 = 0.3(15-2+1.5x3/2x3) = 0.02985;$$

$$Qd13 = 0.26 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 16 \text{ hr}$$

$$Qd14/8.55 = 0.3(16-2+1.5x3/2x3) = 0.0244;$$

$$Qd14 = 0.21 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 17 \text{ hr}$$

$$Qd15/8.55 = 0.3(17-2+1.5x3/2x3) = 0.02 ;$$

$$Qd15 = 0.18 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

$$t = 18 \text{ hr}$$

$$Qd16/8.55 = 0.3(18-2+1.5x3/2x3) = 0.016 ;$$

$$Qd16 = 0.14 \text{ m}^3/\text{seg.mm}$$

Con los valores de Q y t podemos graficar el hidrograma unitario y, luego, preparar una tabla donde se colocan los valores de Q_a , $Q_{m\acute{a}x}$, y Q_d .

Estos cálculos y ecuaciones tienen un solo objetivo, proveer de las herramientas básicas para simular los comportamientos de las cuencas, que se ven afectadas por los eventos meteorológicos, comunes en la zona del Caribe guatemalteco, afectado no tanto por las tormentas tropicales, si tomamos en cuenta también otros efectos como lo son, la deforestación incontrolable en nuestro país, esta situación es la que más ha afectado todas las cuencas en Centroamérica. Por lo tanto la importancia de parte de los profesionales, de conocer estas alternativas de cálculo que son la base de toda la gama de soluciones que tendrá el contratista, supervisor, formulador de proyectos, conociendo los caudales de diseño que se dan como consecuencia de las variaciones de las cuencas Hidrológicas, en el diseño y uso adecuado de los diámetros de las tuberías derivadas de los polímeros en proyectos de carreteras.

Los programas que más se utilizan en el diseño hidráulico de tuberías en general, y se aplican también en el diseño de pasos transversales, y drenajes longitudinales de carreteras. Éstos tienen la ventaja de haber sido desarrollados por ingenieros en laboratorios de las instituciones de transporte de los Estados Unidos. Son una excelente herramienta para el ingeniero asesor, tanto en campo, como también en oficina, a la hora de compararlas, siendo estos los que se describen a continuación.

Programas hidrológicos disponibles

Con el desarrollo de las computadoras y el acceso a las mismas a través de las Computadoras Personales (Personal Computers) PC, la aplicación de los modelos de simulación hidrológica ha tomado mayor vigencia.

Los grandes modelos para sistemas de computación tipo "main frame" han sido transformados para aplicaciones en microcomputadoras, sin restarles capacidad operativa, y son ahora el auxiliar más preciso y conveniente para el análisis de trabajos hidrológicos. Los modelos de computación más aplicados son aquellos que provienen de los Estados Unidos, ya sean de Instituciones de Gobierno o de Universidades.

Sin embargo, recientemente, se ha promovido en el país la aplicación de modelos de desarrollo europeo como son los HYDRA de Inglaterra y el MIKE 11 de Dinamarca, de este último, algunos módulos en propiedad de la USAC, INDE , INSIVUMEH y SEGEPLAN. La aplicación de los modelos estará en consonancia con la disponibilidad de datos, el tamaño y tipo de área a estudiar, sean cuencas urbanas o rurales, y el costo de realizar campañas de topografía de calidad y extensión e investigaciones de uso del suelo.

A continuación se presenta el detalle de aquellos modelos más importantes de utilización en el país.

HEC-1

El Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército Americano ha producido uno de los programas más populares para el análisis hidrológico, el HEC-1, como parte de más de una veintena de programas para aplicación en recursos hidráulicos. La utilización del Programa HEC-1 viene siendo una necesidad porque el mismo es ampliamente aceptado por las agencias de financiamiento y, además, es el modelo de simulación hidrológica incorporado en los sistemas computacionales de ingeniería civil que operan en ambiente AutoCAD.

Consta de un programa principal que llama a seis subrutinas. Las dos primeras de ellas determinan el hidrograma unitario, las abstracciones hidrológicas o pérdidas y los parámetros para el tránsito hidrológico mejorado por el método de Muskingum-Cunge.

Las otras subrutinas realizan los tránsitos hidrológicos finales. El programa acepta la discretización de múltiples cuencas, cauces, embalses, etc., para varios caudales y escenarios de desarrollo de cuencas y permite realizar análisis económicos sobre las medidas de mitigación de avenidas.

El Modelo HEC-1 puede ser aplicado para cuencas sin datos. La presentación del uso del modelo es muy accesible y consta de pantallas de menús, editor de datos compatibles con otros programas del Cuerpo de Ingenieros, salidas personalizables y compatibilidad con impresoras y plotters. Para una optimización del uso del HEC-1 se requiere de un coprocesador matemático.

El modelo HEC-1 posee una amplia literatura de manuales y textos que muestran la bondad de las aplicaciones. Además, para Centro América, el IICA es el representante de estos modelos y ofrece, mediante convenios interinstitucionales, la asistencia para el desarrollo de las aplicaciones, tal como ha sucedido en la cuenca del Valle del Motagua.

HYMO

El Programa HYMO (Hydrologic Modeling) es un modelo de evento, de tipo lluvia escorrentía. Es de los modelos que primeramente se desarrollaron para cálculos manuales y se programaron sus rutinas en FORTRAN IV para los análisis de cuencas. La escorrentía se calcula mediante la técnica del Hidrograma Unitario de tipo adimensional de forma tal que puede ser aplicado a cuencas sin datos. El tránsito de los hidrogramas es mediante el método hidrológico de Muskingum, mejorado mediante un coeficiente de almacenamiento variable para cuando los caudales transitados se salen del cauce principal e inundan la planicie. El programa acepta el tránsito de avenidas por sistemas fluviales que incluyen embalses. La salida del HYMO consiste en presentar los diferentes hidrogramas ya transitados los cuales sirven para el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas. El Modelo HYMO fue aplicado en Guatemala para el Embalse de varios ríos, con una versión de los años setenta, que tuvo que ser perforado en tarjetas y, luego, ser compilado en una computadora IBM 1130 de la USAC.

Recientemente, el HYMO ha sido mejorado y, por su simplicidad, incorporado a programas de manejo de cuencas agrícolas, programas que son distribuidos por las agencias del gobierno norteamericano.

SWMM

Es un modelo de un sólo evento y se aplica al drenaje urbano, ya sea pluvial, sanitario o combinado. Posee módulos para el análisis de la calidad de las aguas.

Como dato de entrada requiere el diagrama de lluvias del evento; la infiltración se determina mediante el modelo de Horton.

La cuenca de drenaje se divide en subcuencas de las cuales se toman las características de forma, dimensión, pendiente y condiciones de cobertura. A estas sub-áreas se les aplica el correspondiente diagrama de lluvia efectiva, resultando un diagrama de escurrimiento, el cual es transitado por las superficies de flujo hasta llegar a los colectores; a los colectores se les agrega el agua por infiltración y los caudales sanitarios. El tránsito de los caudales se realiza por métodos cinemáticos no permanentes, que es una buena aproximación del proceso hidráulico que se produce en la realidad.

Hidráulica de canales

El cálculo hidráulico de canales se efectúa en régimen uniforme mediante la expresión de Manning, junto a la ecuación de continuidad, donde Q es el caudal de diseño en m³/seg. Donde: la resolución conjunta de las dos ecuaciones siguientes, para las secciones más comunes (trapezoidal, rectangular, triangular y circular) puede hacerse con el empleo de un comando para la resolución de ecuaciones incorporados en las planillas electrónicas de uso corriente (QPRO, EXCEL), que permiten resolver una ecuación trascendente, definiendo la celda, conteniendo la expresión a resolver, el valor de la función en el punto de interés y la celda conteniendo la variable a integrar por el método de Newton-Raphson.

$$Q = V \cdot A$$

Donde: Q caudal en m³/seg, V velocidad en m/seg, y A área en m².

Uso de programas de la federal highway administración

Como se adelantó, algunas de las determinaciones que podrían resultar más complejas en el análisis de las obras de conducción longitudinal han sido programadas por la Federal Highway

Administration de los Estados Unidos. En lo que sigue se describen dos aplicaciones de utilidad para el análisis hidráulico de conducciones:

.- Drenaje de Pavimentos - Programa HY12

.- Diseño de Canales Laterales con revestimientos Flexibles - Programa HY15

Se trata de programas BASIC de aplicación sencilla y que constituyen una herramienta práctica para el diseñador. Estos programas pueden ser adquiridos con facilidad por correo vía catálogo y su precio es reducido por lo que se recomienda su incorporación a la biblioteca de cada proyectista. A continuación se describen, brevemente, las características de cada uno y se adjuntan ejemplos de aplicación.

Drenaje de Pavimentos - Procedimientos de la Hydraulic Engineering Circular HEC No. 12 - Federal Highway Administration, USA.

El programa ha sido diseñado para analizar el flujo en bordillos y la capacidad de intercepción de sumideros de rejas, sumideros de abertura vertical y canaletas con ranuras (figura 3.9) asimismo, combinaciones de los anteriores (figura 3.10). El programa utiliza los procedimientos de diseño de la circular HEC-12

Las sucesivas pantallas de uso incluyen:

.- Datos de identificación del proyecto y del proyectista

.- Menú de análisis, que comprende:

1. Entrada de datos
2. Edición de datos
3. Selección del tipo de tragante
4. Impresión
5. Salida

El menú de entrada de datos incluye:

1. Pendiente longitudinal de la calzada
2. Pendiente transversal del pavimento
3. Pendiente transversal del canal (aledaño al Bordillo).
4. Coeficiente de Manning

5. Ancho del bordo
6. Depresión del bordo
7. Descarga (caudal)
8. Ancho de anegación

Cualquiera de estas variables puede ser desconocida; para entrar esa característica se coloca 1.

El menú de selección del tipo de tragante comprende:

1. parámetros del escurrimiento en el canal,
2. tragantes de reja horizontal,
3. tragantes de abertura vertical,
4. tragantes de canaleta con ranuras,
5. combinación de tragantes de abertura vertical y reja horizontal,
6. combinación de tragantes de canaleta con ranuras y rejas horizontales.

Figura 8. Flujo en bordillos con abertura horizontal

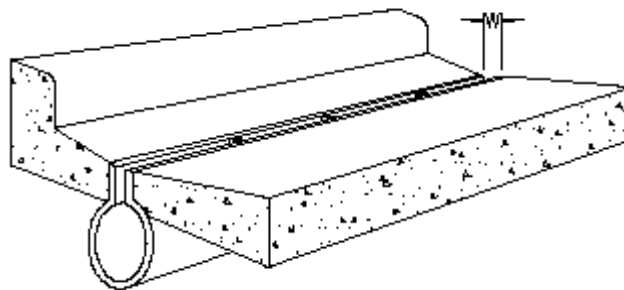
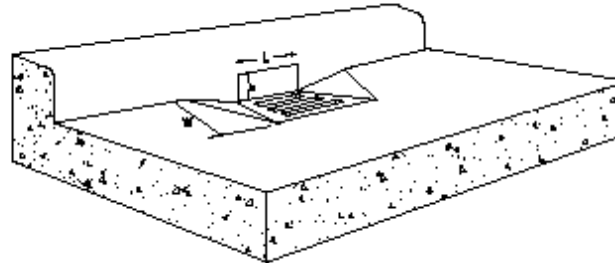


Figura 9. Flujo de bordillos con abertura horizontal



Los resultados se presentan en tres filas:

La primera fila incluye los datos de pendiente longitudinal S , pendiente transversal S_x , coeficiente de rugosidad n , caudal Q y anegación T . La segunda fila presenta los resultados del

escurrimiento sobre el cordón cuneta: ancho W , pendiente S_w , depresión a , eficiencia de la conducción E profundidad d y velocidad v . La tercera fila presenta las características de la interceptación por parte del sumidero: tipo de sumidero, largo del sumidero L , ancho del sumidero W , caudal interceptado Q_i , caudal pasante Q_b , y eficiencia de la interceptación E .

En las páginas siguientes se incluye un ejemplo de aplicación como muestra.

Diseño de Canales Laterales con Revestimientos Flexibles - Procedimientos de la Hydraulic Engineering Circular HEC No. 15 - Federal Highway Administration

El programa analiza canales trapecoidales y triangulares sobre fondo natural vegetado o con revestimientos flexibles o de concreto, en tramos rectos. El programa utiliza los procedimientos de diseño de la Circular HEC - 15. El valor del coeficiente de Manning y la profundidad que se calculen con el programa pueden diferir de las obtenidas por aplicación de ábacos y tablas. Los valores del coeficiente "n" son calculados con mayor exactitud por el programa. Entrando -1 para la descarga, el programa calcula el máximo caudal admisible para un revestimiento dado.

Las pantallas de análisis incluyen:

- datos de identificación del proyecto y del proyectista,

- El menú principal que comprende:

1. entrada de datos,
2. edición de datos,
3. operación del programa/resultados,
4. impresión,
5. salida,

La entrada de datos, por su parte, comprende:

1. descarga,
2. pendiente longitudinal del canal,
3. ancho de fondo,
4. talud izquierdo (horizontal a 1 vertical),
5. talud derecho (horizontal a 1 vertical),
6. tipo de revestimiento,

Los tipos de revestimiento propuestos incluyen:

a) revestimientos de tipo permanente,

1. Vegetación (incluyendo cinco niveles de detención o retardo, según la altura de la vegetación)
2. Rip Rap (caracterizado por el D50); esta opción puede utilizarse para canales en suelo natural desnudo
3. Concreto (con diferentes opciones de rugosidad para tener en cuenta juntas, terminaciones, etc.

b) Revestimientos temporales

4. Entramado de papel,
5. Entramado de paja,
6. Enfajinado de ramas,
7. Fibra simple,
8. Fibra doble,

9. Sintético,

c) Revestimientos compuestos,

10. Combinación de los anteriores para fondo y paredes respectivamente.

Tabla XX
Diseño de drenaje carretero (Roadway drainage design)

ROADWAY DRAINAGE DESIGN

DESIGNER: Marcelo de la Rosa

DATE: 09-06-1996

PROYECT: Manual de Carreteras

PROYECT No.000

INLET NO. 1

STATION: 1

DRAINAGE AREA: 7 Acres
Years

DESIGN FREQUENCY: 2

ROADWAY & DISCHARGE DATA

Cross- Slope	S (ft/ft)	Sx (ft/ft)	n	Q (cfs)	T (ft)
Composite	0.020	0.020	0.017	0.97	4.66

GUTTER FLOW

W (Ft)	Sw (ft/ft)	a (in)	Eo	d (ft)	v (fps)
3.00	0.047	1.00	0.972	0.18	2.84

INLET INTERCEPTION

Inlet Type	L (ft)	W (ft)	E	Qi (cfs)	Qb (cfs)
P-1-7/8	3.00	3.00	0.970	0.94	0.03

Los resultados provistos por el programa incluyen:

- esfuerzo de corte admisible para el material de fondo y paredes,

- radio hidráulico,
- coeficiente de Manning,
- profundidad normal,
- área hidráulica,
- velocidad,
- esfuerzo de corte calculado,
- condición estable o inestable de fondo y paredes en función de los esfuerzos de corte admisible y calculado.

En renglones siguientes se incluye un ejemplo de aplicación como muestra. Otros tipos de cunetas pueden ser analizados con la misma metodología utilizando las expresiones básicas definidas en el punto relativo a hidráulica de canales.

Se presentan ejemplos (figuras 10 y 11) para otros tipos de cunetas (trapezoidal y rectangular incluidas) con y sin cuenca de aporte adyacente al talud y un ábaco (figura 12) para la determinación de la capacidad de bordillos en zonas de terraplén.

Las figuras 10 y 11 representan las capacidades de conducción para tres tipos básicos de geometrías: (i) trapezoidal, (ii) triangular, (iii) rectangular; las dos últimas incluyen variantes con y sin revestir. La línea de pendiente del 3% marca el límite entre las cunetas revestidas y sin revestir: a partir de esa pendiente las cunetas deben ser, en general, revestidas (excepto que la distancia al alivio más próximo sea menor que lo indicado en el ábaco de la figura 13 para cunetas de tipo triangular).

La diferencia entre ambas figuras, radica en que la segunda (figura 11) incluye una cuenca de 300 m de ancho de faja adyacente al talud y, por lo tanto, las capacidades de conducción de las cunetas resultan menores para la misma, pendiente en la figura 10.

El ábaco de la figura 13 permite calcular las distancias de conducción de bordillos en terraplén para dos anchos diferentes: (i) $L = 0.25$ m, y (ii) $L = 0.50$ m. Estos bordillos captan los excedentes provenientes de la calzada, en particular en sectores peraltados y curvas verticales cóncavas.

El proyectista verificará que las distancias de conducción dadas en el gráfico son superiores a las longitudes de captación; en caso contrario proveerá los derramaderos correspondientes.

En general es deseable que las descargas se realicen sobre terreno natural en uno o ambos extremos del terraplén. . Cabe aclarar que todos los ábacos presentados son a título demostrativo ya que corresponden a situaciones específicas no susceptibles de extrapolación; en cada caso deben crearse los gráficos correspondientes para cada proyecto en particular.

Sobre la base de las expresiones básicas de la hidráulica de canales en régimen permanente y uniforme es posible resolver la mayoría de los problemas relativos al drenaje longitudinal de carreteras.

La utilización de planillas electrónicas tipo LOTUS 1-2-3, QPRO o EXCEL es un auxiliar indispensable para tales fines dada la forma relativamente compleja de las ecuaciones utilizadas.

Los elementos de control, principales, son el nivel de las aguas en los diferentes tipos de conducciones y la velocidad de escurrimiento; ellos determinan la necesidad de alivijs y/o revestimiento. Se recomienda a los proyectistas procurar los programas de la Federal Highway Administration para facilitar los cálculos de dimensionamiento.

Tabla XXI. Chanel lining analysis

DESIGNER: Marcelo de la Rosa
1996

DATE: 09-06-

PROJECT: manual de carreteras
000

PROJECT NO.

STATION: 0
1

TO STATION:

DRAINAGE AREA: 3 Acres
Years

DESIGN FREQUENCY: 5

CHANNEL DESCRIPTION

CHANEL SLOPE: 0.005 ft/ft

Botton Width: 3.00 ft
Loft side slope: 2.0
Right Side slope: 2.0

<u>Lining</u>	permissible Shear (lb/sf)	Discharge (cfs)	Hydraulic Radius (ft)	Manning Coefficient
-- Veget B	2.10	36.0	1.61	0.104
<u>Normal Depth (ft)</u>	Area (ft)	velocity (ft/sec)	Calculated Shear (lb/sf)	Remarks
-- 2.92	25.93	1.38	0.91	Stable

(1) Check for channel bends.

Figura 10. Capacidad de cuneta (sin cuneta aledaña al talud)

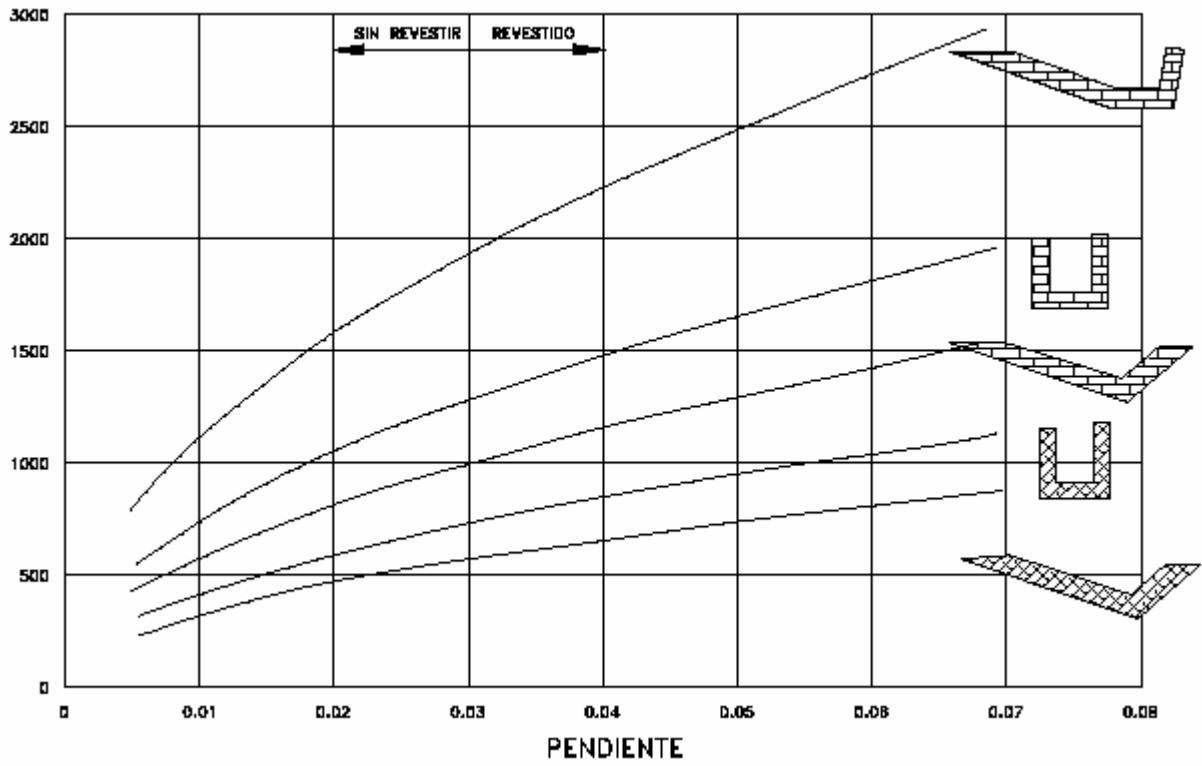


Figura 11. Capacidad de cuneta (con cuenca aledaña al talud)

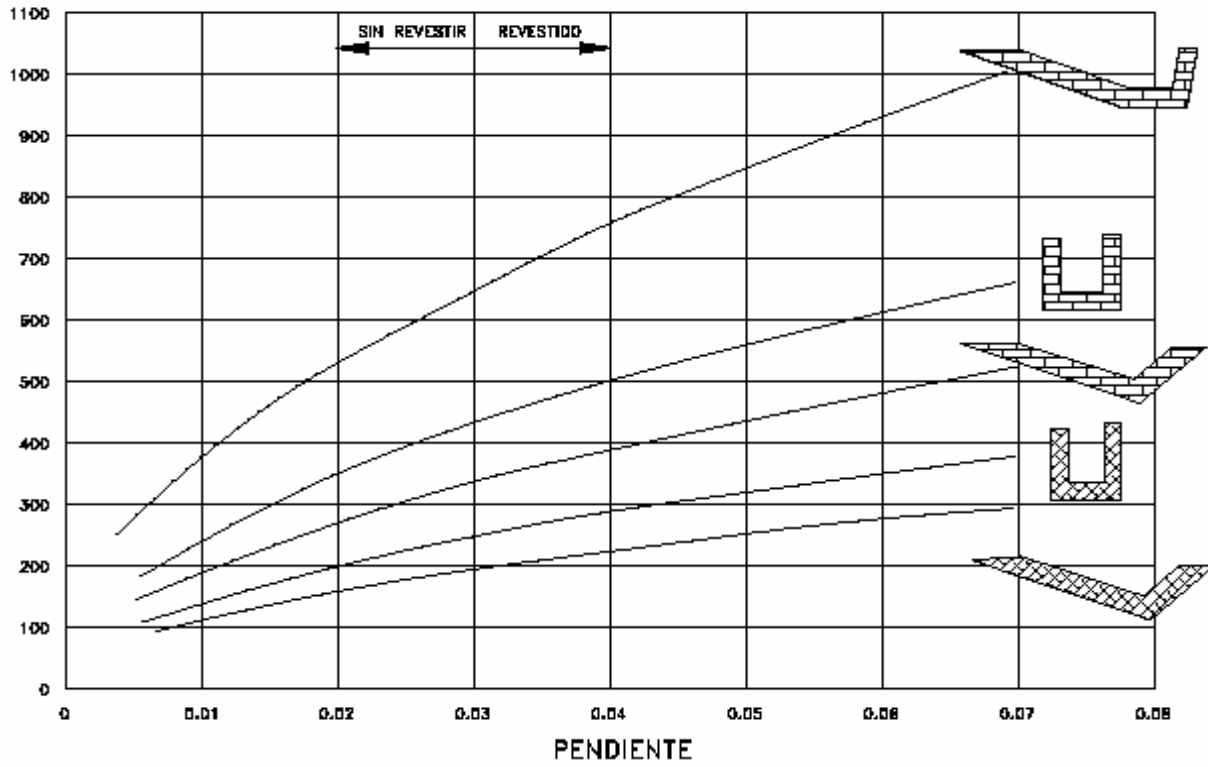


Figura 12. Capacidad de cunetas (según longitud de aporte)

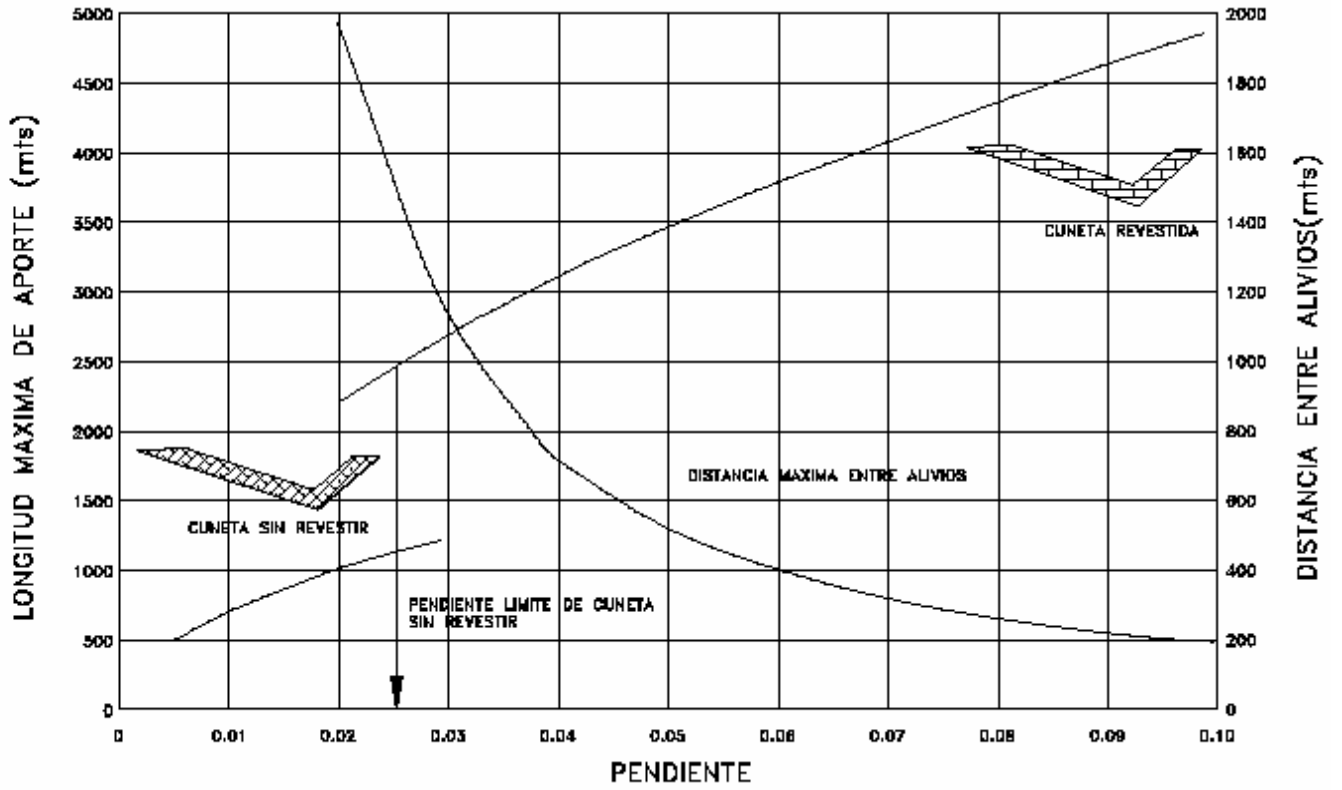
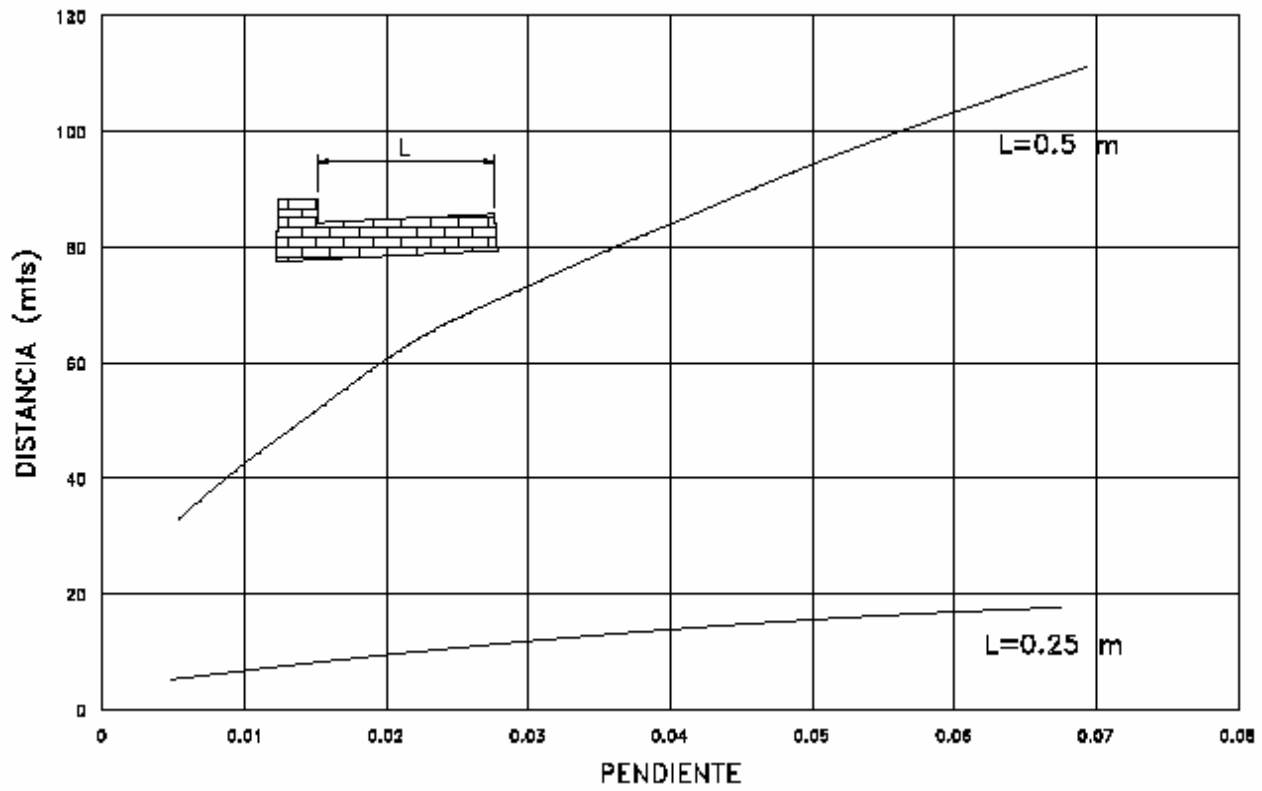


Figura 13. Capacidad de bordillos en terraplenes



3.5 Análisis comparativo de costos de los materiales utilizados

Actualmente, son varios los materiales que se utilizan en la construcción de carreteras. Como se hizo mención con anterioridad, van desde materiales de concreto, láminas corrugadas de metal, hasta llegar al uso de los polímeros, como lo son el pvc, polietileno de alta densidad, siendo estos últimos los que representan, una gama de beneficios. Es aquí donde nos detendremos para realizar un análisis comparativo de costos de los diferentes materiales utilizados, versus el costo-beneficio con el uso de los polímeros.

TUBERÍA DE CONCRETO CLASE III ASTM C-76

CANTIDAD DE METROS	DIÁMETRO COMERCIAL	PRECIO EN FÁBRICA Q	FLETE EN FÁBRICA Q	TRANSPORTE INTERNO Q
342	24"	204.00	27.70	15.49
182	30"	379.50	27.70	15.49
159	36"	458.00	50.00	18.75
189	48"	627.00	83.50	20.95
50	60"	825.00	83.50	20.95

MANO DE OBRA DE INSTAL	MATERIALES INSTALACIÓN Q	MAQUINARIA INSTALACIÓN Q	DESPERDICIO DE TUBERÍA	COSTOS INDIRECTOS Q
41.00	28.00	65.00	4.63	63.55
41.00	28.00	75.00	8.59	63.55
50.00	34.50	75.00	10.16	77.50
58.00	43.50	95.00	14.21	89.90
58.00	43.50	95.00	18.17	89.90

COSTO UNITARIO TUBO INSTALADO DE CONCRETO

Q 449.37
Q 638.83
Q 773.91
Q 1032.06
Q 1234.02

TUBERÍA DE PVC PERFILADO (POLÍMERO CLORURO DE POLIVINILO)

CANTIDAD DE METROS	DIÁMETRO COMERCIAL	PRECIO EN FÁBRICA Q	FLETE EN FÁBRICA Q	TRANSPORTE INTERNO
342	24"	127.87	00	00
182	30"	221.01	00	00
159	36"	389.22	00	00
189	48"	719.00	00	00
50	60"	879.10	00	00

MANO DE OBRA DE INSTAL	MATERIALES INSTALACIÓN Q	MAQUINARIA INSTALACIÓN Q	DESPERDICIO DE TUBERÍA	COSTOS INDIRECTOS Q
15.00	8.00	00	00	33.00
15.00	8.00	00	00	33.00
20.00	14.00	00	00	45.00
25.00	23.00	00	00	57.00
25.00	23.00	00	00	57.00

COSTO UNITARIO INSTALADO TUBO PERFILADO DE PVC	
	Q 183.87
	Q 277.01
	Q 468.22
	Q 824.00
	Q 984.10

**Tabla XXII. Diferencias económicas
Por metro lineal de instalación**

COSTO TUBO DE CONCRETO CLASE III Q	COSTO UNITARIO TUBO PERFILADO PVC Q	DIFERENCIA UNITARIA Q
Q 449.37	Q 183.87	Q 265.50
Q 638.83	Q 277.01	Q 361.82
Q 773.91	Q 468.22	Q 305.69
Q 1032.06	Q 824.00	Q 208.06

Tabla XXIII
Resumen de costos comparativos en tubería de 36 pulgadas

LONGITUD DE 159 MTS.	TUBERÍA PVC PERFILADA 36"	TUBERÍA DE CONCRETO 36"
PRECIO EN FÁBRICA	Q 389.22	Q 460.00
FLETE EN FÁBRICA	00.00	Q 50.00
TRANSPORTE INTERNO	00.00	Q 18.75
MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN	Q 20.00	Q 50.00
MATERIALES DE INSTALACIÓN	Q 14.00	Q 34.50
MAQUINARIA DE INSTALACIÓN	00.00	Q 75.00
DESPERDICIO DE TUBERÍA	00.00	Q 10.16
COSTOS INDIRECTOS	Q 45.00	Q 77.50
COSTOS UNITARIOS	Q 468.22	Q 773.91
	DIFERERENCIA EN COSTOS	Q 305.69

COMENTARIOS

1. En la fabricación del tubo de concreto se consideran varios costos adicionales tales, como el flete en fábrica. Este costo de flete se carga del lugar de despacho al lugar de entrega.

- 2.El transporte interno del tubo de concreto se incrementa por la utilización de transporte del lugar de producción al patio de secado y fraguado.

- 3.El peso del tubo de concreto, clase III, requiere de refuerzo de acero en su estructura, haciéndolo más pesado, y por consiguiente, su incremento en el costo de la Mano de obra, en el proceso de instalación.

- 4.El proceso de instalación del tubo de concreto incrementa los costos, ya que es necesario el uso de otros materiales como lo son, ladrillo tayuyo para su nivelación, unión de sabieta entre tubo y tubo.

5. En el mismo proceso de intalación y en el transporte, se ven incrementados los costos de desperdicio. Hay desperdicio por fracturas en el manejo de las tuberías, por el uso de maquinaria de tipo pesado.

5.El costo de operación de maquinaria pesada en el momento de trasladar el tubo a la sanja incrementa el mismo. Esta maquinaria debe estar dedicada, únicamente, en el proceso de excavación.

6.Por su manejo, mayor cuidado en su intalación, mayor tiempo de producción, los costos indirectos se ven incrementados de manera sustancial.

7.El tubo de cloruro de polivinilo PVC, es más liviano, pesa menos, por consiguiente su manejo dentro de fábrica es fácil, no hay costos de flete interno, dos personas trasladan los tubos de seis metros del área de producción al punto de carga de transporte.

8.El costo de flete es menor, ya que los tubos pueden ir apilados unos sobre otros, hasta dos filas, y también los de menor diámetro irán telecopiados dentro de los de mayor diámetro. Por ejemplo los tubos de 24", irán dentro de los tubos de 30", los de 30" irán dentro de los tubos de 36", y así sucesivamente.

9.El tubo perfilado de pvc, se fabrica en largos de seis metros de largo, dos personas lo trasladan a la zanja, colocaran entonces seis metros de instalación, mientras que con el concreto sus presentaciones son de un metro. Notemos allí su rendimiento de instalación de una pega del tubo de pvc versus cinco pegas del concreto.

3.6 Diseño con uso de tablas comparativas

En este renglón nos referiremos al comparativo que el asesor profesional debe mostrar a los contratistas en su decisión final de compra, teniendo a la mano las características, ventajas y beneficios.

**Tabla XXIV. Análisis comparativo de los materiales de tuberías en carreteras
Polímeros, concreto, y metal corrugado**

	TUBO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD HDPE	TUBO DE CONCRETO	TUBO CORRUGADO DE METAL
ESPECIFICACIONES	.AASHTO M252 .AASHTO M294 .ASTM F405 .ASTM F667	.ASTM C76 .AASHTO M17	.ASTM A760 .AASHTO M36
JUNTAS	.Son herméticas, fáciles y rápidas de unir en campo. . Evitan la infiltración de finos.	.Requieren juntas de acero y /o de concreto, para lograr poca hermeticidad.	.Requieren pernos para su unión, fuera de campo. . No garantizan hermeticidad
CAPACIDAD DE DRENAR	Excelente.	Aceptable	Mucha turbulencia.
DURABILIDAD	Excelente para conducir químicos y resistente a la abrasión. 75 años de vida.	Susceptible a la abrasión, corrosión, por sales y químicos. 25 años de vida.	Al perder el galvanizado, se corroe y se debilita, poco tiempo de vida, 15 años.
COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO	.Coeficiente de Manning de 0.010 a 0.012 .Superficie interna lisa. Favorece el desplazamiento del agua.	.Coeficiente de Manning de 0.015, su superficie es áspera.	.Coeficiente de Manning es arriba de 0.027, sus corrugas lo hacen susceptible de asolvamiento.
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	.Capacidad de soportar cargas vivas H 25 y 1 pie de relleno mínimo sobre corona. . Capacidad de relleno sobre tubo de 20 a 60 Mts.	. Capacidad de soportar cargas con refuerzo estructural de acero	Al igual que el HDPE resiste estas cargas, tomando en cuenta el calibre de la lamina.
DIÁMETROS	4", 6", 8", 10", 12" para drenes longitudinales perforados. 24", 30", 36", 42", 48", 60". en pasos transversales.	Las mismas medidas, el riesgo de desperdicio es mayor en todos los diámetros por manipuleo.	Solo para diámetros grandes, pasos transversales y bóvedas.

COMENTARIOS

- 1.El uso de las tablas comparativas de los materiales es una herramienta en la toma de decisiones por parte del contratista. El ingeniero asesor, paralelamente, al demostrar los beneficios económicos del uso de los polímeros, podrá apoyarse en este tipo de tablas, que facilitarán el análisis de las características, beneficios y ventajas, de los polímeros en el diseño de carreteras.
- 2.En este tipo de comparaciones, el ingeniero asesor deberá ser objetivo, con respecto a la descripción de estas características, ventajas y beneficios, ya que toda la información que se le provea al usuario, lo trasladará a la parte practica. Pero sobre todo, que se trata de una asesoría eminentemente técnica, que tiene como fin minimizar costos.
- 3.El ingeniero asesor deberá partir del hecho, que todos los materiales que se comparan cumplen con los requerimientos básicos normados. Para esto se tomaran como soporte las normas ASTM, AASHTO.
- 4.Se deberá tomar en cuenta por parte del ingeniero asesor toda la información necesaria. No dejar en ningún momento la menor de las dudas respecto de los materiales descritos en la tabla comparativa. En otras palabras la información veraz.
- 5.Otras tablas comparativas, se describieron, anteriormente, en este mismo capítulo, cuando se formaron las ecuaciones que nos dan los caudales de diseño, que es la parte medular en el uso de los polímeros en carreteras. Estas serán una herramienta valiosa que condensa la recopilación de datos de Estaciones hidrométricas y que se traducen en gráficas comparativas en la toma de decisiones. Por tanto, el ingeniero asesor deberá tener el conocimiento y habilidad de transmitir esos conocimientos al usuario contratista.

3.7 Uso de manuales y notas técnicas

El ingeniero asesor como parte de su formación, trasladará sus conocimientos adquiridos a las instituciones que promocionan los proyectos de carreteras.

Simultáneamente estos conocimientos irán acompañados de extractos o copias de manuales técnicos que sirven de soporte al producto que utilizara el contratista.

Esto tiene como fin colaborar, apoyando y sustentando aprobaciones, certificaciones, homologaciones, de los fabricantes a las especificaciones requeridas por las instituciones que utilizan este tipo de tecnologías.

Las notas técnicas, son actualizaciones que elaboran los proveedores de tecnologías, reportes de sus laboratorios, ensayos y pruebas a que han sido sometidos los materiales para su correcta aplicación, que a su vez sirven de garantía para los contratistas. Estas se estarán generando, y actualizando periódicamente a todos los niveles del organigrama técnico-financiero de las instituciones privadas y del gobierno, empresas supervisoras, y contratistas.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE UNA ADECUADA ASESORÍA

4.1 Planificación de la asesoría

La planificación de todo, es un proceso, que tiene como principio básico llegar al objetivo trazado, en la asesoría profesional en comercialización y reducción de costos en un área eminentemente técnica, que tiene como objetivo en este campo de la construcción de carreteras asesorar a profesionales de las diferentes ramas de la ingeniería, buscar una solución técnico-económica.

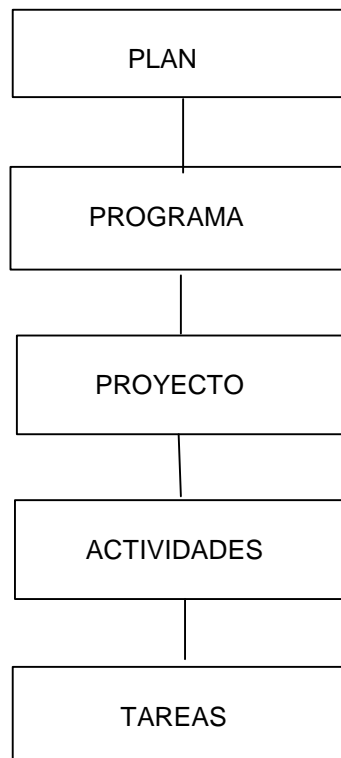
4.1.1 Diagrama del proceso de la asesoría

Este punto tiene como referencia incorporar la gestión de la asesoría profesional en las obras viales en el país a fin de instar al uso racional, integrado y sostenido de los recursos y contribuir a elevar la calidad y vida de los proyectos carreteros. Corresponde, entonces, desarrollar una proceso de gestión de asesoría antes del inicio de un proyecto y mantenerlo a lo largo de su vida útil. Con esto último, se pueden minimizar los efectos negativos y maximizar los positivos de estos proyectos garantizando la adecuada utilización de la inversión pública y privada y la conservación de los recursos en las áreas de influencia de los mismos. Una adecuada asesoría debe contribuir al mejoramiento del diseño y la funcionalidad del proyecto vial, y, a su vez, a la reducción de los costos globales, disminuyendo imprevistos, evitando o reduciendo conflictos, contribuyendo a la preservación de la obra y la conservación, de los recursos naturales y el ambiente dentro del marco de una planificación integral. Como consecuencia de lo anterior surge la necesidad de extender el marco de planificación y evaluación de las obras viales incorporando la dimensión ambiental y las metodologías necesarias para su gestión.

La conceptualización que refleja la jerarquía de cada acción propuesta en un proceso de planificación se puede ver a continuación. En las definiciones siguientes, los términos con que se denomina cada acción lleva implícito un orden jerárquico (Dourojeanni, A., 1992):

Plan	=	conjunto de programas
Programa	=	conjunto de proyectos
Proyecto	=	conjunto de actividades
Actividades	=	conjunto de prácticas
Prácticas	=	conjunto de tareas
Tareas	=	conjunto de pasos

Figura 14 Jerarquización de las acciones



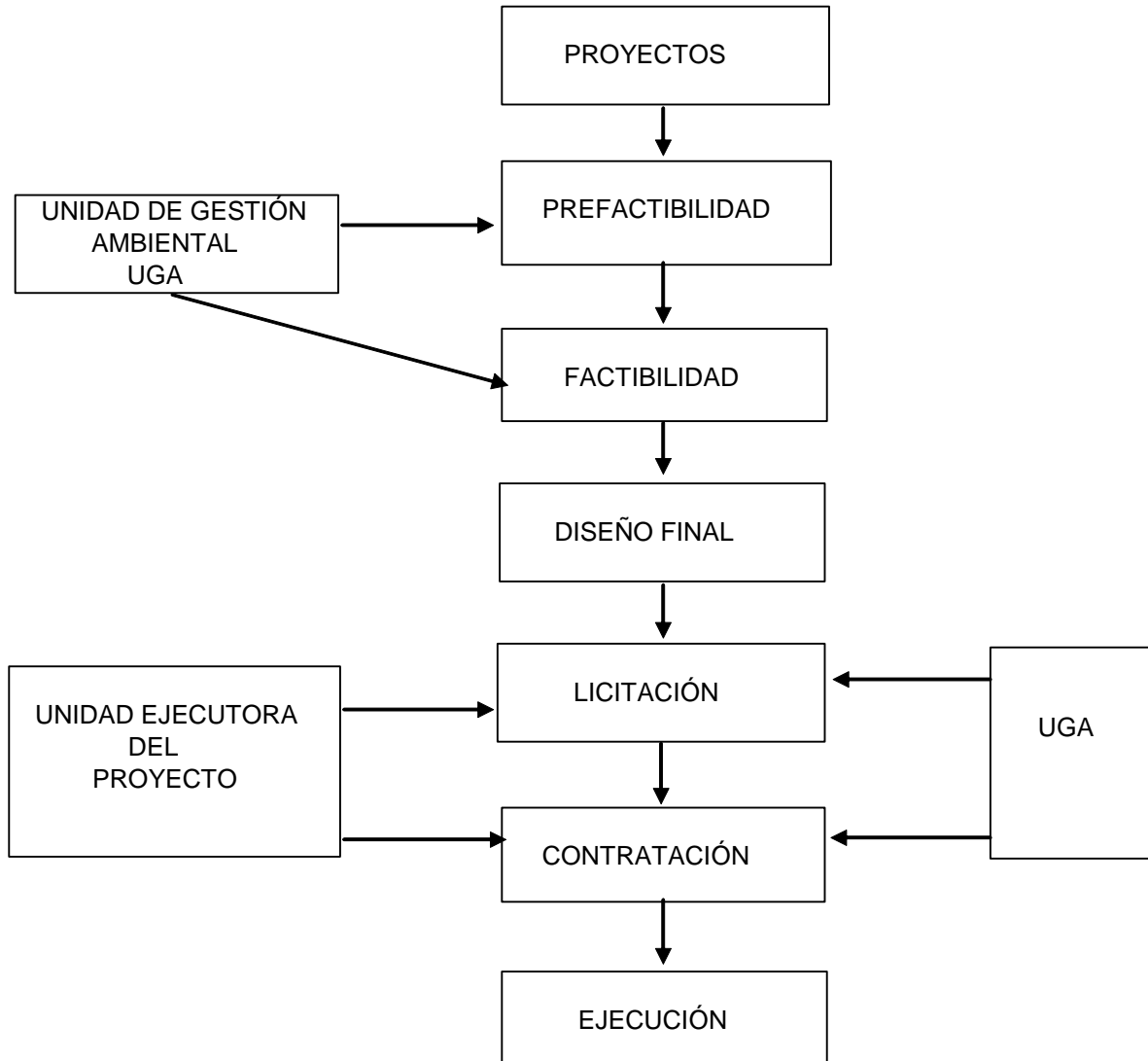
En esta sección se diseña el procedimiento mediante el cual se incorpora la variable de la asesoría en el ciclo general de los proyectos viales de construcción o rehabilitación de un camino o carretera . El ciclo de un proyecto comprende todas las tareas que se requieren ejecutar desde su generación conceptual hasta la supervisión de la obra en ejecución. En el diagrama siguiente se muestran los pasos desde el inicio de un proyecto hasta su ejecución y cómo en este proceso se incorpora la asesoría en comercialización y reducción de costos. Se puede ver que un proyecto vial se puede generar en la Dirección General de Caminos, por la Unidad de Planeamiento. Una vez generado un proyecto por una de estas unidades administrativas se procede a analizar su Pre-factibilidad y su Factibilidad. Es en la etapa de Pre-factibilidad en que deben incorporarse los aspectos técnicos económicos, con la participación de los técnicos formuladores de proyectos. En la etapa de Factibilidad se inicia el Procedimiento operativo para la obtención de una Licencia para Proyectos de construcción y rehabilitación .

Una vez concluido en análisis de factibilidad de un proyecto se procede entonces a su Diseño final. Posterior al Diseño final con los costos de ejecución y ambientales del proyecto incluidos se otorgará la Licencias de construcción, y ambiental por las instituciones gubernamentales, municipales y de gestión ambiental.

Una vez obtenidas las licencias, se puede proceder a la Licitación y a la Contratación de la empresa que realizará la obra por parte de la Unidad Ejecutora del Proyecto del Ministerio de Comunicaciones, obras Públicas, y Vivienda.

En esta etapa del procedimiento debe incluirse nuevamente la participación de la Unidad Técnica de Caminos y la Unidad de Gestión ambiental a fin de que se pueda velar porque los costos técnico-económicos y ambientales establecidos, estén incluidos en los documentos de licitación pública y subsiguiente contrato del proyecto. Cumplidos todos los aspectos del procedimiento se procede a ordenar la Ejecución del Proyecto como paso último de este ciclo. Como podrá apreciarse, el profesional que asesora para comercializar y reducir los costos en carreteras, tendrá que conocer a fondo este ciclo, realizar las gestiones pertinentes en cada uno de ellos, informar, actualizar, los conceptos de su tecno

Figura 15. El ciclo de proyectos de carreteras



En este ciclo de proyectos de carreteras, generado por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, a través de La Dirección General de Caminos, quien aparece como la Unidad Ejecutora del Proyecto. La Unidad de Gestión Ambiental, es otra área de supervisión, que de alguna manera el asesor profesional en la comercialización y reducción de costos, lleva a cabo acercamientos a fin de trasladar su asesoría permanente, a fin de minimizar el efecto de impacto ambiental, con los

materiales que se sugieren, en este caso muy especial con el uso de los polímeros.

En resumen, el Asesor profesional en la comercialización y reducción de costos, realizará visitas a los organismos Internacionales que generan los préstamos, para trasladar a ellos, los beneficios técnico-económicos, de tecnologías de comprobado respaldo, ya que éstos tienen como fin llevar a cabo una buena inversión. Deberá tener acercamiento a formuladores, diseñadores, informarles y documentarles de los beneficios técnicos y económicos, con el uso de polímeros. Confirmar estos conceptos en el momento de la Pre-factibilidad y Factibilidad del Proyecto, hasta el diseño final; esto con el fin, que en el momento de la licitación, la empresa adjudicada se apegue al diseño original. De aquí en adelante, en el momento de la adjudicación, contratación y ejecución, el contratista asignado se asesore con el profesional de las empresas que ofrecen una gama de alternativas, que se apeguen al diseño, y que no ocasionen atrasos y pérdidas de tiempo en la toma de decisiones. Es aquí donde la Empresa Supervisora y La Unidad Ejecutora del Proyecto, velarán porque se cumplan los estándares definidos con anterioridad, asegurando la calidad del proyecto en el proceso de ejecución, y posteriormente en el mantenimiento de los mismos, minimizando costos operativos, que redundarán en beneficio de los usuarios y de las Entidades ejecutoras.

4.1.2 Capacitación al personal de diseño

El asesor profesional, será el enlace entre el jefe o director del departamento técnico de la empresa que realiza el apoyo con el ingeniero de diseño de la empresa contratista. Se le capacitará para que tome decisiones inmediatas en el campo y oficina, con herramientas como, los programas que se detallaron y describieron en el capítulo tres, también los ábacos, y tablas con bases de datos que se han recopilado en las estaciones hidrológicas, ya que éstos serán de vital importancia en el diseño del uso de polímeros en carreteras. Esta capacitación será evaluada y mejorada, periódicamente, según lo requiera el contratista y supervisor del proyecto.

4.1.3 Capacitación al personal técnico

Esta capacitación es dirigida a todos los niveles de la empresa contratista, empezando por los ingenieros de campo, analistas de costos en campo; luego se capacitará a las personas de campo, en oficina y en el proyecto, sobre métodos de uso e instalación de los polímeros en carreteras. Se realizarán clínicas prácticas, para familiarizarse con el uso del producto, éstas se irán evaluado y repitiendo periódicamente con el fin de actualizar y llevar a cabo la mejora continua.

4.1.4 Capacitación a ingenieros en instituciones de gobierno y privadas

Este tipo de capacitación se programa con las instituciones de manera previa, con el fin de llevar un ciclo de capacitaciones, a ingenieros de instituciones de tipo financiero, de gobierno y privadas, a través del diagrama mostrado en la figura 4.2, con el fin de llegar a todos los departamentos desde el concepto del proyecto, pasando por los períodos de pre-factibilidad, factibilidad, diseño, contratación, ejecución, y supervisión del proyecto carretero.

4.1.5 Presentación de productos y tecnologías en congresos y ferias

Esta es una alternativa de comercialización de productos, mostrando y presentando materiales, con sus usos y aplicaciones, en congresos de ingeniería, ferias de construcción. Presentando ponencias de las alternativas del uso de los polímeros en carreteras, mostrando, las ventajas y beneficios, a través de Directores técnicos de países que muestran sus adelantos con tecnologías de punta en este ramo.

4.2 Implementación de la asesoría

La puesta en marcha será la acción de las actividades directas en la asesoría en la comercialización y reducción de costos, en todos los niveles que requieren apoyo en el conocimiento y mejora continua de los procesos que la involucran.

4.2.1 Seguimiento a los diseñadores

Dentro del ciclo presentado en la figura 4.2, se describe el diseño final. Este es el resultado de un seguimiento sistemático, desde la concepción del proyecto, su formulación, su evaluación, hasta su ejecución. En este proceso el asesor en la comercialización para reducir los costos organizará seminarios de capacitación a los diseñadores de carreteras, en la cual se actualizarán los avances en el uso de los polímeros, y sus diferentes aplicaciones, siempre enmarcado en el costo beneficio con su utilización.

4.2.2 Seguimiento a formulación de los proyectos en organismos financieros

Este paso es muy importante, por lo general se pasa por alto. Es, mas bien, una etapa de investigación y seguimiento, por parte del profesional que asesora técnicamente. Tendrá a su cargo el de lograr acercamiento a instituciones financieras internacionales, como BCIE, BANCO MUNDIAL, GOBIERNOS DE JAPON, KFW, y otros nacionales, que tienen, como fin, inicialmente, evaluar la factibilidad de los préstamos a gobiernos que desarrollan este tipo de proyectos de infraestructura. En este proceso el profesional asesor estará en la capacidad de trasladar toda la documentación de los materiales a utilizar en los mismos, y de qué manera estos redundarán en períodos largos de vida para dichas obras, utilizando tecnologías de países desarrollados.

Finalmente, el asesor estará en disponibilidad de apoyar todo lo relativo a mejorar la economía en la construcción de carreteras y su incidencia de los costos de operación y mantenimiento, en los procesos de construcción y mantenimiento de éstos.

4.2.3 Seguimiento a instituciones promotoras de los proyectos

En este paso, tiene una similitud con el anterior, la diferencia estriba, que en éstos se presentan los requerimientos de las comunidades, o departamentos que requieren mejorar sus vías de comunicación. Estas instituciones pueden ser DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, FONAPAZ, FIS, SECRETARIA EJECUTIVA DE LA PRESIDENCIA.

4.2.4 Seguimiento a empresas contratistas

Luego de definida la contratación por el proceso de licitación, el asesor profesional se presentara con el representante de la empresa contratada, a fin de ponerse a las órdenes, e iniciar el proceso de asesoría técnica programada. En este proceso presentará un perfil de la empresa a la cual él representa, de su historial en el mercado de la construcción, el soporte de normas de sus productos. Luego, se presenta con el profesional delegado residente en el campo, esto con el fin de lograr un acercamiento inicial, detallarle toda la información técnica referente a los materiales recomendados por su empresa, le indicará de los beneficios de los materiales que se plasman en los diseños originales o los cambios sugeridos por la empresa que produce y distribuye los mismos. Se realizarán visitas previas a la adquisición de los productos y, posterior a su adquisición, haciendo que la asesoría sea profesional y permanente.

4.2.5 Apoyo y seguimiento al personal de la empresa supervisora

Como complemento a la asesoría y seguimiento al contratista, la empresa supervisora deberá llevar a cabo las evaluaciones y comparaciones de costos, los beneficios presentados por el asesor profesional en la comercialización. A su vez, que los requerimientos del contratista se apeguen a las ordenes y renglones de trabajo estipuladas en el Libro Azul de Caminos. El delegado supervisor avalará a través de notas de cambio dirigidas a la Dirección General de Caminos, después de constatar que el cambio en lo diseñado, generará beneficios para el proyecto, en lo económico y también en lo técnico.

4.3 Análisis de los beneficios en la asesoría

Como se menciona en el primer capítulo, el no invertir en la asesoría, implica ser relegado al empirismo, que, lamentablemente, se da en nuestro país. Pero lo más triste, es el incremento de los renglones de trabajo, actualmente, con soluciones paliativas, que se reflejan en los aumentos de los presupuestos gubernamentales en el mantenimiento de nuestras carreteras. Hoy en un mercado tan competitivo y globalizado, la inversión de las organizaciones de la asesoría profesional en la comercialización de productos es parte de su presupuesto anual.

4.3.1 Inversión en la asesoría

La inversión en esta área, se da en dos puntos, uno de ellos es la inversión por parte de la empresa, que comercializa los productos que se utilizan en las carreteras. Éstas preparan a sus asesores profesionales en el campo de las relaciones humanas con las personas que toman decisiones en distintas instituciones; a su vez, se capacitan en la innovación de tecnologías de punta, se realizan las simulaciones de los beneficios técnicos y económicos, para, luego, trasladarlos al usuario final. El otro punto la

inversión por parte de la empresa contratista, invertirá tiempo para que sus profesionales se capaciten en seminarios organizados por cámaras de construcción, colegios de ingenieros, donde se actualicen de las tecnologías que promueve la empresa privada, a través de representantes técnicos venidos de otras organizaciones internacionales de reconocido prestigio.

4.3.2 Costo/beneficio de la asesoría

El costo de una buena asesoría hoy en día en las empresas que prestan servicios, más bien representa un gran beneficio. Invertir en la capacitación de los asesores profesionales, debe verse como un costo de inversión en el presupuesto anual de toda organización.

Se estima que la inversión asciende hasta un veinticinco por ciento del presupuesto anual de algunas organizaciones estadounidenses, según el American Economist Association(AEA).

En nuestro medio las multinacionales siguen un perfil bastante bajo respecto de estos estándares, aún persisten algunas ideas sobre este tema, por lo que algunos profesionales asesores comerciales se capacitan de manera personal. Queda como inquietud a las organizaciones privadas evaluar los beneficios que implica tomar en cuenta los costos de inversión en la asesoría profesional en la comercialización de bienes y servicios.

5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CON EL USO DE LOS POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

La Constitución de la República de Guatemala, señala que “el Estado conservará el ambiente adecuado para proteger a las personas, declarando de utilidad y necesidad pública la explotación técnica y racional los recursos naturales de la Nación”. La Ley General del Ambiente, inspirada en la Constitución, señala que “La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social. El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y manejo sostenible de estos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico. El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico-administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente”. Por otra parte, la ley expresa que “Los proyectos públicos y privados que incidan en el ambiente, se diseñarán y ejecutarán teniendo en cuenta la interrelación de todos los recursos del hombre con su entorno”. Por otro lado se aboga que “el uso sostenible de los recursos naturales” y por “elevar la calidad de vida de los pobladores propiciando el mejoramiento del entorno en los asentamientos humanos”. Adicionalmente, uno de los objetivos específicos de la ley es “Implantar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para la ejecución de proyectos públicos y privados potencialmente contaminantes o degradantes”.

El Gobierno de Guatemala ha ratificado varios acuerdos y tratados internacionales relacionados con el ambiente y los recursos naturales entre los cuales cabe destacar los siguientes: el Convenio Centroamericano para Protección del Ambiente de 1990, y el Convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

En consecuencia, el marco normativo anterior es el punto de referencia para incorporar la gestión ambiental en las obras viales en el país a fin de generar el uso racional, integrado y sostenido de los recursos y contribuir a elevar la calidad de vida de la población.

Ante lo anterior corresponde entonces desarrollar una gestión ambiental desde el inicio de un proyecto y mantenerlo a lo largo de su vida útil.

Con esto último, se pueden minimizar los efectos negativos y maximizar los positivos de estos proyectos garantizando la adecuada utilización de la inversión pública y privada y la conservación de los recursos en las áreas de influencia de los mismos.

5.1 identificación de los efectos

Una adecuada gestión ambiental debe contribuir, además, al mejoramiento del diseño y la funcionalidad del proyecto vial, y, a su vez, a la reducción de los costos globales, disminuyendo imprevistos, evitando o atenuando conflictos contribuyendo a la preservación de la obra y la conservación de los recursos naturales y el ambiente dentro del marco de una planificación integral. Como consecuencia de lo anterior surge la necesidad de extender el marco de planificación y evaluación de las obras viales incorporando la dimensión ambiental y las metodologías necesarias para su gestión.

Aquí se incluyen los beneficios del uso de polímeros en la construcción de carreteras y su efecto positivo al entorno ambiental.

“El estudio del impacto ambiental con el uso de polímeros en la construcción de carreteras” responde a la necesidad de extender el marco de planificación al incorporar la dimensión ambiental en las obras viales, mediante el uso de estas tecnologías. En consecuencia, este trabajo, debe constituir una herramienta clave como marco de procedimiento para la incorporación y aplicación de criterios ambientales en los proyectos viales.

La identificación de los efectos, será necesario para reforzar la importancia del uso de los polímeros en las obras viales, siendo éstos, los siguientes:

- “Incorporar en el ciclo de los proyectos de caminos y carreteras, sean éstos de construcción, rehabilitación, mejoramiento y en la operación y mantenimiento de los mismos, el proceso de evaluación de impacto socio-ambiental en la comercialización de los polímeros, para prevenir, reducir, controlar y/o compensar impactos ambientales negativos, riesgos y amenazas que podrían afectar la salud pública, los recursos naturales renovables, la estabilidad de los ecosistemas y el patrimonio cultural, así como para potenciar los impactos ambientales positivos.
- Protección del ambiente, de los bienes y servicios naturales que éste genera y del patrimonio cultural, así como la protección de la salud pública, en especial la de los trabajadores en obras viales y de los beneficiarios de la misma teniendo como objetivo el mejoramiento ambiental y la calidad de vida de los habitantes.
- Servir como instrumento técnico y operativo para asegurar que la legislación nacional ambiental vigente y las políticas ambientales de organismos multilaterales se cumplan, servir de guía para ingenieros ambientalistas, consultores contratistas, constructoras e inspectores de obra con el fin de orientar y uniformar la aplicación en la comercialización de los polímeros, de prescripciones, normativas y especificaciones ambientales en los diversos proyectos viales.
- Reducir, controlar y/o compensar los efectos negativos de los proyectos viales sobre el medio ambiente y los recursos naturales y el patrimonio cultural.
- Formar parte integral de una política de gestión ambiental del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda en acatamiento de las directrices promulgadas en una Ley General del Ambiente, así como las políticas y requerimientos ambientales del BID y de otros organismos multilaterales de financiamiento.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS

AUDITORÍA AMBIENTAL *

Es la verificación, en el sitio, de una obra o actividad en operación, por parte de la Dirección General de Evaluación y Control Ambiental, firma consultora o la Unidad Ambiental correspondiente, que dichas acciones no estén violentando las normas ambientales.

DICTAMEN TÉCNICO *

Es el documento emitido por la Dirección General de Evaluación y Control Ambiental que fundamenta la aceptación o rechazo de un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental o establece la violación o no de Leyes o Reglamentos de normas técnicas, relacionados con el ambiente, previo a la concesión de Licencia.

DOCUMENTO FINAL DE EIA*

Es el documento preparado por una Firma Consultora o un equipo técnico que contiene toda la información recopilada, analizada e interpretada por la elaboración de la Evaluación de Impacto Ambiental y que se basa en los Términos de Referencia.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) *

Es el proceso de análisis que sirve para identificar, predecir y describir los posibles impactos positivos y negativos de un proyecto propuesto, así como proponer las medidas de mitigación para los impactos negativos y un plan de control y seguimiento periódico.

LICENCIA AMBIENTAL *

Es el permiso extendido por la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente por el cual se hace constar que el proponente ha cumplido en forma satisfactoria todos los pasos y requisitos exigidos por la Ley para comenzar un Proyecto.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN *

Son aquellas estrategias, obras, acciones, que se realizan a fin de atenuar el impacto negativo que tiene una actividad específica de una obra o actividad. No neutralizan el impacto, sino que lo reducen, permitiendo que los efectos estén dentro de las normas ambientales del país.

PLAN DE MANEJO *

Conjunto de políticas, medidas, acciones estructuradas y programadas, en forma tal, que produzcan los mejores resultados desde el punto de vista social, económico y ambiental. Los planes de manejo están orientados a resolver una determinada problemática ambiental, y no sustituyen a las Evaluaciones de Impacto Ambiental.

PROPONENTE *

Es aquella persona natural o jurídica que pretende realizar un proyecto y que solicita a la Dirección General de Evaluación y Control Ambiental la licencia ambiental correspondiente.

SEGUIMIENTO Y CONTROL *

Es el conjunto de acciones realizadas por la Dirección General de Evaluación y Control Ambiental, por las Unidades Ambientales o una Firma Consultora durante la ejecución y/o la operación de un proyecto para asegurar que las medidas de mitigación se estén llevando a la práctica, verificando, asimismo, que no han aparecido nuevos impactos durante el tiempo que el proyecto ha estado en operación.

SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL *

Conjunto armónico de elementos instituciones, naturales o jurídicos, normas y regulaciones técnicas y legales que determinen las relaciones entre cada uno de los componentes y aspectos necesarios para realizar el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental de políticas económico-sociales, iniciativas de inversión pública o privadas y de actividades económicas establecidas susceptibles de afectar el ambiente.

TÉRMINOS DE REFERENCIA *

Es el documento elaborado por la Dirección General de Evaluación y Control Ambiental en el que se dan todas las referencias y antecedentes pertinentes del proyecto, determinándose en forma clara y específica aquellas actividades que tendrán que ser realizadas por el Proponente para elaborar a satisfacción la Evaluación de Impacto Ambiental.

TITULAR *

Persona natural o jurídica a quien se le ha otorgado una Licencia Ambiental.

CATEGORÍA DE PROYECTOS *

Categoría I: Son aquellos que no requieren una Evaluación de Impacto Ambiental, pero sí de la aplicación del Formulario de la Dirección General de Evaluación y Control Ambiental, así como un Plan de Manejo Ambiental.

Categoría II: Proyectos que sí requieren una Evaluación de Impacto Ambiental.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL **

Es un proceso de análisis general que permite definir el medio e identificar en forma rápida los probables impactos ambientales y sus consecuencias de un proyecto de mantenimiento de estructuras viales, previo al Dictamen Ambiental elaborado por la Unidad de Gestión Ambiental.

COMPENSACIÓN **

Subgrupo de las medidas de corrección mediante las cuales se propende restituir los efectos ambientales irreversibles generados por una acción o grupo de ellas en un lugar determinado, a través de la creación de un escenario similar al deteriorado, en el mismo lugar o en un lugar distinto al primero.

CONSULTA PÚBLICA **

Instancia de participación ciudadana que realiza el Proponente durante la etapa de revisión del documento final de la Evaluación de Impacto Ambiental en los lugares establecidos en los Términos de Referencia.

CONTAMINACIÓN **

Es el grado de concentración de elementos químicos, físicos, biológicos o energéticos por encima del cual se pone en peligro la generación o el desarrollo de la vida, generando impactos que ponen en riesgo la salud de las personas y la calidad del medio ambiente.

DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO PARA OBRAS VIALES (CAMINOS-CARRETERAS) **

Es un proceso de análisis general, a nivel macro, de carácter preliminar que permite definir el medio e identificar en forma rápida los posibles impactos y consecuencias de una obra vial y enfocar aquellos impactos de mayor relevancia que podrán ser señalados e investigados en una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) posterior al diagnóstico.

DICTAMEN AMBIENTAL **

Es el documento emitido por la Unidad de Gestión Ambiental que fundamenta la aceptación o rechazo de un proyecto de mantenimiento de estructuras viales después de su caracterización ambiental, previo a la concesión de la Licencia por la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente. .

IMPACTOS ACUMULATIVOS **

Impactos que resultan de una acción propuesta, y que se incrementan al añadir los impactos colectivos o individuales producidos por otras acciones. Su incidencia final es igual a la suma de las incidencias parciales de las modificaciones causadas por cada una de las acciones que lo generaron.

IMPACTO AMBIENTAL **

Alteración del medio/ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

IMPACTOS DIRECTOS **

Impactos primarios de una acción humana que ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar que ella.

IMPACTOS INDIRECTOS **

Impactos secundarios o adicionales que podrían ocurrir sobre el medio/ambiente como resultado de una acción humana.

TABLA DE CONTENIDO **

Tabla que determina los contenidos del documento final de la Evaluación de Impacto ambiental.

5.1.1. Impacto por uso de tuberías de concreto

Como se trato en capítulos anteriores el uso de estos materiales, ya está siendo muy limitado, en países desarrollados y en vías de desarrollo, en donde se han hecho estudios sobre la incidencia de los mismos en el medio/ambiente. Estos materiales en nuestro medio, son elaborados en su generalidad sin cumplir normas de fabricación

(ASTM y ASSHTO). Por otro lado, su impacto en el ambiente, si es negativo, por las siguientes razones:

- son susceptibles de fisuras o roturas en su traslado, en el transporte, como en el manejo en su instalación, poniendo en riesgo la salud ocupacional de los operarios.
- En nuestro país altamente sísmico, representa un riesgo en el momento de su colapso, dañando la obra en su contorno y elevando los costos de reparación.
- Su superficie interna es altamente abrasiva, llevando a cabo el desgaste de su superficie, en un tiempo muy reducido, su cambio y reparación resultan con altos costos de mantenimiento, contaminando las cuencas existentes, por efecto del pH.
- En otros casos se presenta combinación de aguas pluviales y servidas, lo que provoca desgaste de superficie interna, por el efecto de ácidos sulfúricos, provocados por las materias orgánicas, por consiguiente, generará contaminación en las aguas superficiales y mantos freáticos.
- Su vida útil es menor que otras alternativas, su promedio de vida es de, aproximadamente de diez a quince años.
- Altos costos de mantenimiento, se azolvan rápidamente. Por lo que su mantenimiento es continuo, para que no haya anegamiento de las áreas colindantes.
- En tuberías con refuerzo de acero, su desgaste por abrasión, ocasionará que el material de refuerzo quede expuesto, se oxide y cause contaminación de las cuencas.

5.1.2 Impacto por uso de tuberías de metal

Al igual que las tuberías de concreto, las de metal corrugado, tienen su incidencia en el ambiente, con efectos nocivos para el contorno y su manejo en los proyectos, siendo éstos, algunos de los siguientes efectos.

- Su manipulación requiere de mucho cuidado por parte del operador, quien realiza el montaje en el sitio. Podrían causar daños en la integridad física del operario, por cortes en las partes laterales con filos.
- Su superficie metálica interna, por ser corrugada también es altamente afectada por la abrasión, provocando desgaste en su superficie en tiempo reducido. Su cambio y reparación resulta con altos costos de mantenimiento, prácticamente no tiene reparación.
- Los suelos con alto contenido de ácidos, muy comunes en nuestro país, inciden el ph, y, a su vez, la reacción por ataque galvánico (oxidación), contaminan los mantos freáticos y las aguas superficiales.
- Su vida útil es de alrededor de quince a veinte años.
- Al igual que las tuberías de concreto su costo de mantenimiento es altos. Por su asolvamiento producen anegamiento de las áreas colindantes.
- Por su unión, por medio de pernos, las juntas no son herméticas, siendo susceptibles de infiltración y exfiltración (filtración interna y externa), afectando el entorno colindante.

5.1.3 Impacto por uso de materiales con normativas no originales

Esta situación se da, y es muy común en Guatemala, se colocan materiales que no cumplen estándares a normativas como lo son American Standard Testing of Materials (ASTM) y la AMERICAN ASSOCIATION HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, conocida como AASTHO, son instituciones de renombre en la construcción de carreteras.

Lamentablemente, en proyectos en comunidades lejanas las municipalidades pasan por alto esta situación, provocando impactos negativos al ambiente por incumplimiento de normas.

5.2 Características de los polímeros en la construcción y mantenimiento de las carreteras

Las características de los polímeros en la construcción y mantenimiento de las carreteras, tienen un efecto positivo en el impacto ambiental siendo algunas de ellas, las que se describen en las siguientes tablas, las cuales hacen una comparación con los materiales que en la actualidad se utilizan.

**Tabla XXV. Prueba de abrasión- pérdida de pared interior
efluente ph 7**

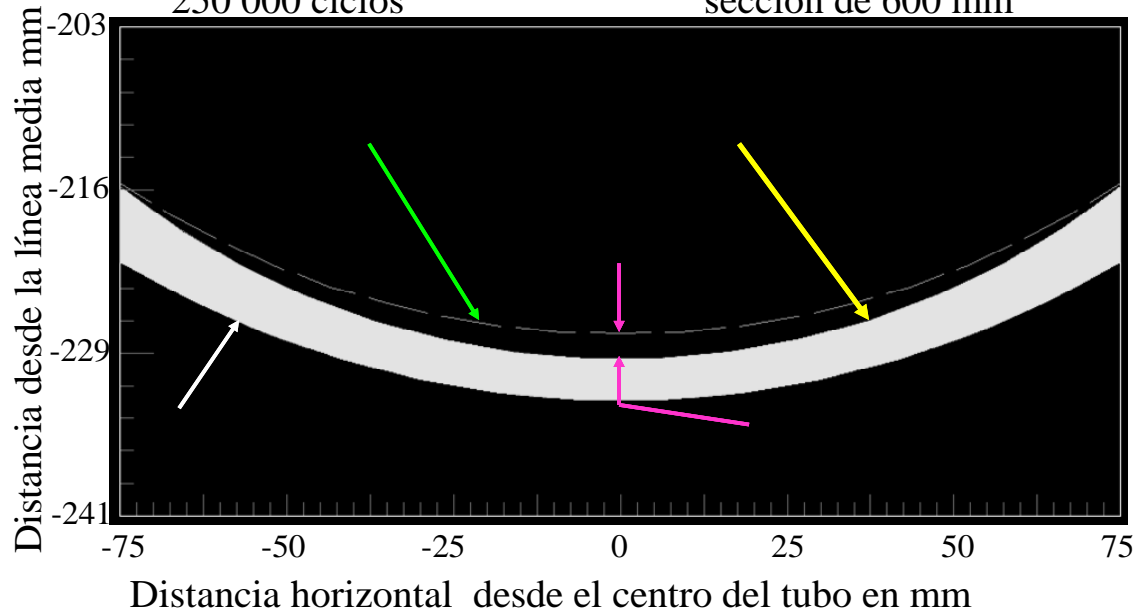
TIPO DE TUBERIA	Diam. Pulg. (mm)	Desgaste de pared Pulg. (mm)	Pérdida de pared %	comentarios
Acero Corrugado	24 (600)	0.007 (0.178)	11	Pierde recubrimiento de zinc.
HDPE N-12	24 (600)	0.011 (0.279)	10	
ALUMINIO CORRUGADO	24 (600)	0.011 (0.279)	18	Capa dañada (aleación)
PVC	12 (300)	0.014 (0.356)	4	
PVC (COSTILLA)	24 (600)	0.029 (0.737)	14	
CONCRETO REFORZADO	24 (600)	0.550 (13.97)	18	

Universidad del estado de California

100,000 ciclos -½ a 2”(12.7 a 25.4 mm) cuarzo angular

Figura 16 Estudio de la erosión en la pared interna

Tubería ULTRA-RIB 450 mm D.I PVC 1,2 m long. pH = 7
250 000 ciclos sección de 600 mm



Universidad del Estado de California, Sacramento

Tabla XXVI. Vida útil de los polímeros

DEPARTAMENTOS DE TRANSPORTE	ESTIMACIÓN DE VIDA	MÉTODO
CALIFORNIA	50	BASADO EN PROPIEDADES DE ESFUERZO A LARGO PLAZO.
MICHIGAN	70	
NUEVA YORK	70	BASADO EN PROPIEDADES DE ESFUERZO A LARGO PLAZO.
CAROLINA DEL SUR	50	USANDO LAS PROPIEDADES A LARGO PLAZO.

Tabla XXVII. Vida de servicio esperada

POLÍMEROS	CONCRETO REFORZADO	ACERO CORRUGADO
75 AÑOS	50 AÑOS	40 AÑOS

*El tubo de acero corrugado requiere un revestimiento posterior

Tabla XXVIII. Departamento de transportes de New York

(HDPE) POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	CONCRETO
8 horas	8 horas
720 pies (220m)	448 pies (137 m)
1 equipo	2 equipos
1 operador	2 operadores
2 operarios	3 operarios

Tiempo de instalación, utilizando polímeros versus concreto.

Tabla XXIX. Comparación de pesos

DIÁMETROS	POLIETILENO HDPE	CONCRETO	AC. CORRUGADO
100mm (4")	1.27	31	
200mm (8")	2.29	42	
250mm (10")	3.36	61	13
300mm (12")	4.75	75	15
375mm (15")	6.89	129	19
450mm (18")	9.56	184	23
600mm (24")	16.72	372	29
750mm (30")	23.00	500	45
900mm (36")	27.00	675	53
1050mm (42")	39.00	930	85
1200mm (48")	47.00	1125	97
1500mm(60")	89.00	1660	119

***Peso: en kilos por metro lineal.**

***HDPE (Polietileno de alta densidad)**

5.3 Ventajas del uso de los polímeros

Como se pudo apreciar, los polímeros generan una gama de características. Haciendo un buen uso de las mismas, éstas, a su vez, generan una serie de ventajas, entre las que destacan:

- Los polímeros, entre ellos, el cloruro de polivinilo PVC, el polietileno de alta densidad HDPE, se ha comprobado por instituciones de los Estados Unidos, tienen características superiores que las tuberías corrugadas de metal, y el concreto. Materiales que aún se utilizan en nuestro país, afectando la vida útil de los proyectos carreteros, causando un impacto negativo en el ambiente.

- Hermeticidad: su sistema de acoplamiento es 100 % hermético, lo que nos garantiza la no contaminación a mantos acuíferos o al subsuelo.
- Resistencia Química: por ser químicamente inertes, son resistente a solventes, ácidos y álcalis. Manejando rangos de PH desde 1.5 hasta 14, en el caso del HDPE.
- Resistencia a la abrasión: el polietileno es resistente y durable, es capaz de transportar lodos y flujos abrasivos mejor que cualquier otro material del mercado. Además, no se adhieren materiales ni se le forman hongos, lo cual puede bloquear el flujo en un sistema.
- Resistencia estructural: debido a su diseño estructural, los polímeros son tuberías flexibles, especialmente, las tuberías de polietileno de alta densidad soportan cargas verticales transfiriendo la mayor parte de la carga al suelo circundante. Soportan cargas vivas H-25 con un relleno mínimo de 30 cm. Y cargas E-80 con un relleno de 60 cm. El relleno máximo variará con las condiciones de diseño, pero usualmente se puede especificar hasta 20 metros.
- Resistencia Ambiental: no se degrada ni pierde sus propiedades al ser expuesto a los rayos ultravioleta, lo que permite almacenarlo a la intemperie.
- Eficiencia Hidráulica: el interior liso de los polímeros proporciona unas características de flujo superiores. Las pruebas en varios tamaños de las tuberías de polímeros muestran valores del coeficiente “n” de Manning de 0.009. Se distinguen favorablemente a los valores de “n” para tuberías de concreto y de metal corrugado. Lo anterior provoca asolvamiento y colapsos en las tuberías con coeficientes más grandes.
- Peso liviano: los polímeros, especialmente el HDPE, muy ligera, lo que facilita el manejo, transporte y almacenamiento. Además en la instalación permite una mayor maniobrabilidad. Reduciendo costos en transporte e instalación.
- Los efluentes con altos contenidos de ácidos y alcalinos, se miden a través de Phs de uno hasta catorce, siendo los ácidos medidos de 1 a 7, y de 8 a 14 son niveles de alcalinidad. Siendo estos contenidos los que afectan el interior de las tuberías,

causando oxidación en el caso de una tubería de metal corrugado.

- Mientras en las tuberías de concreto, son afectadas por ácidos que desgastan al material, y al refuerzo de metal en un tiempo menor. Por su lado los polímeros son materiales totalmente inertes, o sea, no les afecta ningún efluente, sean ácidos o alcalinos, especialmente al HDPE.
- Un efluente con menor Phs provocará un desgaste mayor en el interior de las tuberías de metal, hasta el punto de llegar a perder el recubrimiento de zinc, y éste a su vez, produce contaminación de los mantos acuíferos o al subsuelo.
- En el concreto, como en la tubería de metal corrugado, la abrasión en combinación con los cambios de Phs causara grandes desgastes, y, por consiguiente, afectará el contorno ambiental, contaminando ríos y suelos.
- La pérdida de la pared interna de una tubería, sea de concreto o de metal, causado por desgaste por abrasión, pondrá en peligro por colapso la infraestructura de la carpeta asfáltica, y asolvamiento de la estructura de drenajes.
- La vida útil de los polímeros es mucho mayor, los departamentos de transporte de los Estados Unidos, en sus estudios y pruebas de laboratorio, lo han demostrado. Esto tiene como consecuencia asegurar de estar libres de futuros problemas que, finalmente, inciden negativamente en el impacto ambiental. Generando bajos costos de operación y de mantenimiento en los proyectos.
- Un impacto ambiental negativo, incide también en la salud ocupacional del recurso humano, y los polímeros contribuyen a proteger dicha salud, evitando los esfuerzos en los tiempos de instalación y su fácil manejo, debido a sus bajos pesos. Como lo detalla el departamento de transporte de New York, en el tiempo y la rapidez en la instalación.

5.4 Beneficios del uso de los polímetros

Los grandes beneficios que representa el uso de la comercialización de los polímeros en la construcción de las carreteras son extensos. La mejor prueba de ello, es la certificación y aprobación por parte de instituciones como la ASTM y ASHTOO, que recomiendan su uso, que traerán beneficios en la reducción del impacto ambiental.

- Las tuberías fabricadas bajo la base de resinas de polímeros, ya sean de cloruro de polivinilo, PVC, o polietileno de alta densidad HDPE, son, en su mayoría, tuberías flexibles que transfieren las cargas vivas y muertas al suelo circundante. Este aspecto es de suma importancia en nuestro territorio altamente sísmico, ya que estas tuberías absorben los impactos de los sismos por ser flexibles, situación que no ocurre con tuberías rígidas como el concreto. Instrucción de instalación para tubería plásticas contenida en la ASTM d-2321, y sección 30 AASHTO, recomendada para instalaciones de carreteras.
- Sistemas electrónicos e hidráulicos con continuo monitoreo de las instituciones de transporte de los Estados Unidos, respaldan los aspectos de comportamiento de las tuberías de polímeros, incluyendo la deformación de la pared, la deflexión, la presión del suelo, y la deformación de este último. Los funcionarios de la Administración Nacional de carreteras recomiendan su uso y distribución, ya que han observado el comportamiento de las tuberías bajo severas presiones de suelo como muy positivo, particularmente con respecto a tuberías de concreto que falló rápidamente bajo 20 m (65´) en el mismo terraplén, es decir que soporta mayores rellenos la tubería de polímeros.
- Con estos materiales se pueden almacenar grandes cantidades de agua, en las épocas de invierno con diseños tradicionales de retención-detención, con el fin de proteger el medio/ ambiente y que no se dañen proyectos de infraestructura como lo son las carreteras.

- En Estados Unidos las comunidades hacen grandes esfuerzos para cumplir con los requerimientos de las nuevas normas de la Agencia Protectora del Medio/Ambiente del control del agua pluvial, ADS (fabricante de tuberías de polietileno de alta densidad) introdujo una alternativa compacta y económica a los diseños tradicionales de retención-detención. El sistema “Storm Compressor” pone la tubería de gran diámetro en contacto consigo misma, eliminando los espacios y el relleno de soporte normalmente requerido entre los laterales. Tuberías de diámetros más pequeños se ubican en el acostillado de arriba y abajo, produciendo un efecto de puente entre el suelo y los laterales. Se envuelve con un material geotextil que mantiene la tubería unida durante la instalación, minimiza el esfuerzo de tensión, distribuye las cargas pesadas, y hace puente a las zona vacías. Este sistema ha demostrado ser más barato que los sistemas convencionales usando tuberías corrugadas de metal. La mitad del tiempo de instalación, 45% menos del volumen de excavación, 78% menos de relleno, y un perímetro 45% más pequeño.
- Por su peso liviano facilita su transporte por vías angostas, con muchos árboles, menor riesgo de daños a las calles debido a menos viajes cargando tuberías de polímeros contra tres veces el número de viajes con tuberías de concreto, y la capacidad de descargar y mover la tubería, manualmente.
- Un proyecto de carreteras que requiere, normalmente, 8 años, puede ser reducido a 4 ½ años, prestando importancia en utilizar métodos y materiales eficaces. Para sesenta kilómetros de tubería de 24” y 30” el polietileno fue el más adecuado. Se logran ahorros por lo menos del 15% en el costo de material e instalación en comparación con tubería de concreto. Una línea de 80 pies de polietileno de alta densidad requiere de tres uniones, mientras que el concreto requiere 10 uniones. Dos personas pueden instalar los tramos de 6.1 m (20’) en la zanja y nada más unirlos manualmente. Los diseñadores escogieron tuberías de HDPE con un sistema de campana-espiga integral. El perfil plano elimina la necesidad de excavar para acomodar la campana sobresaliente de tubería estándar.

- La resistencia de la tubería también ayuda a disminuir el tiempo de instalación según el coordinador. Se puede caer tubería de polietileno de alta densidad a 30 metros, y no, y no le sucede nada. Si sucediera con una tubería de concreto se arruina la unión y hay que cambiarla por otro, poniendo en riesgo la salud ocupacional de las personas a su alrededor.

6. SEGUIMIENTO Y MEJORAMIENTO EN LA COMERCIALIZACIÓN

En todo proceso productivo, se lleva a cabo la mejora continua, que tiene por objeto realizar cambios en las estructuras administrativas, que lleven a la realización efectiva de los procesos, a fin de lograr los objetivos trazados por las organizaciones. La comercialización de los productos y servicios hoy, pasa por este proceso, el cual describe las características, las ventajas y los beneficios, que obtendrá el consumidor final a través de un valor agregado, que es el servicio. Este servicio será el acercamiento del profesional asesor a las empresas, o instituciones con el único fin de reducir costos a los conceptos de una adecuada comercialización.

6.1 Evaluación de los sistemas de asesoría en las instituciones beneficiadas

Esta evaluación tendrá, como fin, llevar a cabo una revisión de todo el engranaje organizacional de las instituciones beneficiadas, sean estas gubernamentales o privadas. Para iniciar este proceso, los departamentos de comercialización de las empresas tienen que someter a revisión los estudios de mercado de los bienes y servicios que ofrecen a las instituciones sectoriales relacionadas con los proyectos de carreteras. Con este procedimiento se pretende calificar la calidad de la comercialización a través de un informe sobre la base de análisis de los contenidos, la identificación de impactos significativos y la viabilidad del uso de los bienes y servicios en el proyecto.

Para esta actividad deben constituirse equipos de revisión que deben ejecutar un proceso que permita con la mayor objetividad posible determinar la calidad del estudio y su producto. Para ello debe tomarse en consideración la composición del equipo, la experiencia de sus integrantes en proyectos viales o el ambiente que resulte afectado por los mismos.

Existen diversos criterios para revisar los estudios de evaluación de los sistemas de asesoría, y para diagnosticar la calidad de la comercialización en un proyecto.

Sin embargo, independiente del procedimiento que se establezca, ésta no debe centrarse en refutar los resultados presentados en el estudio o rechazar o cambiar las recomendaciones y conclusiones que en la evaluación se establezcan. Ante todo, el procedimiento y el equipo encargado del documento final, debe poner todo el esfuerzo en determinar la calidad del estudio, identificando sus fortalezas, debilidades, omisiones o errores encontrados en éste.

Las deficiencias que con frecuencia se identifican en el proceso de comercialización de los productos en los sistemas de asesoría pueden ocurrir en las siguientes situaciones:

- el estudio no ha cumplido exhaustivamente con los parámetros de diseño,
- los métodos para la identificación de los procesos no son satisfactorios,
- se ha puesto poco énfasis en el análisis de los impactos significativamente adversos,
- se ha puesto poco énfasis en las medidas de reducción en los costos,
- se ha puesto poco énfasis en el Plan de comercialización,
- se ha puesto poco énfasis en el control de inventarios,

En el proceso de revisión se debe dirigir la atención hacia la identificación de las deficiencias como las señaladas anteriormente a fin de detectar las fuentes potenciales de error y solicitar las aclaraciones o correcciones necesarias.

6.2 Garantías y certificaciones de calidad a las entidades

Este punto es de suma importancia para las entidades que licitan proyectos carreteros, y, a su vez, a la entidad comercializadora, le interesa que sus productos estén certificados y/o avalados por sus departamentos de control de calidad, y cumplen con las normativas, para lo que fueron diseñados. Por ejemplo, el cliente solicita una certificación a la empresa ADVANCED DRAINAGE SYSTEMS, INC. (ADS), una compañía estadounidense, que produce tuberías de polietileno de alta densidad, ésta

extiende la certificación, y, a su vez una garantía con todas las especificaciones AASHTO, y ASTM, como se muestra en la hoja de anexos. Esta certificación será presentada a los ejecutores y supervisores contratados por las entidades, y a las entidades que promueven los proyectos, y organismos financieros que fiscalizan su ejecución.

6.3 Inducción y complementación de la información a los pensos de estudios en facultades y colegios de ingenieros

La mejora continua en los procesos técnico-administrativos, incluye la inducción a los futuros profesionales del conocimiento y aplicación de las nuevas tecnologías que se están aplicando hoy, en los países desarrollados, por las empresas que producen y comercializan productos en el mercado local. Aplicando la formación básica de ingeniería a los nuevos productos, como se desarrolló en el capítulo tres de este trabajo. Las empresas comercializadoras han montado departamentos técnicos de asesoría con profesionales universitarios que se han capacitado en el exterior, y dan la oportunidad de realizar inducciones a los futuros ingenieros de estas tecnologías sin costo alguno, fundamentalmente esto tiene como objetivo que éstos en su momento de ser contratados por las empresas constructoras nacionales y extranjeras apliquen estos conocimientos en su trabajo cotidiano, y recomienden la compra de sus productos. Esta inducción se complementará a los pensos de estudios de las áreas técnicas de la Facultad de ingeniería en Ciencia de los Materiales, Resistencia de Materiales, Hidráulica, Mecánica de Fluidos, combinadas con Estadística, Análisis de Costos. En la actualidad empresas como DURMAN ESQUIVEL GUATEMALA, S .A., empresa que presta sus servicios de producción y comercialización de tuberías, geotextiles, lleva a cabo capacitaciones continuas en el Colegio de ingenieros, con el objetivo de llevar conocimiento y actualización de sus productos en los diferentes campos de la ingeniería, a los profesionales que necesitan estar actualizados de nuevas tecnologías.

6.4 Supervisión de direcciones

Este paso se refiere a la supervisión de las direcciones financieras, como BID, BCIE, BANCO MUNDIAL, y, otros, que constantemente están realizando supervisiones a los organismos estatales que llevan a cabo las licitaciones de proyectos de carreteras.

En este punto, el asesor profesional generará información de la comercialización, de los beneficios otorgados a los contratistas con el uso de nuevas tecnologías, la redundancia que tendrán las mismas al garantizar costos operativos mejores, que beneficiarán la inversión a través de los préstamos a los gobiernos en turno, con fianzas de garantías de menor costo por la incidencia del uso de los materiales de mayor respaldo tecnológico. Estas direcciones a su vez, supervisarán que dichas tecnologías se apeguen en todos los proyectos auspiciados por ellos.

6.4.1 Informes de resultados

Estos resultados se refieren a la tabulación de datos obtenidos a través de los informes de visitas realizadas en campo a contratistas, supervisores, delegados residentes de caminos, diseñadores, formuladores de proyectos, direcciones financieras, las cuales generan sugerencias, toma de decisiones, observaciones, notas de cambios, procesos, cálculos. Éstos definirán tendencias del mercado, que, a su vez, definirán requerimientos de las características de los productos y servicios, ventajas de los mismos, sobre otras alternativas, y beneficios que se obtendrán en lo económico y la calidad de la comercialización. Esta tabulación será la guía, en la mejoría de la comercialización a las instituciones públicas y privadas, que necesitan de la adecuada comercialización, actualización, y mejoras continuas en este campo tan necesitado, como lo es la construcción de carreteras. Estos datos pueden compilarse en los siguientes cuestionarios que se detallan a continuación.

I. DATOS GENERALES

1. NOMBRE DEL PROYECTO

2. A. Nombre del propietario del proyecto (o de la Empresa)

- Dirección, teléfonos, fax

B. Tarjeta de identidad

C. NIT

D. Número de Solvencia municipal

E. Número de pasaporte (en caso de ser extranjero)

3. A. Nombre del representante legal o apoderado

- Dirección, teléfonos, fax

B. Compañía(s) Constructores o Ejecutoras

- Nombre del representante legal

- Dirección, teléfonos, fax

4. Tipo de proyecto:

- Reparación de vías

- Otra (especifique)

5. Fuentes de:

A. Prefinanciamiento

Dirección, teléfonos, fax

B. Financiamiento

Dirección, teléfonos, fax

6. Costo total del proyecto

- Costo en US\$

- Costo en quetzales.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La información que se solicita en este numeral, se requiere de forma clara, concisa y breve (de ser necesario anexar hojas adicionales).

1. Naturaleza del Proyecto de mantenimiento:

(carretera o camino rural, desmonte de la servidumbre, limpieza de cunetas, remoción de derrumbes, parcheo o revestimiento de la calzada, etc.)

2. A. Ubicación geográfica del Proyecto

B. Ubicación administrativa del Proyecto:

- Departamento
- Municipio
- Localidad

3. Fuentes de agua que atraviesa

(ríos, quebradas, cursos estacionales)

4. Descripción de la etapa de mantenimiento

(indicar las acciones y requerimientos necesarios para la materialización del Proyecto movimientos de tierra, rellenos, nivelaciones, limpieza, remoción de deslizamientos, bacheo o revestimiento de la calzada, desmonte de servidumbre, otros).

5. Tipo de insumos

(energía, agua, materia prima y su volumen)

6. Tipo de desechos y su disposición

(emisiones sólidas, líquidas y gaseosas y tipo de desechos – su disposición y manejo)

7. Abastecimiento de material pétreo

(cantidades estimadas a utilizar)

8. Preparación y construcción de la obra

A. Personal que se empleará

B. Equipo

C. Medio de transporte y abastecimiento

D. Fuente de abastecimiento de agua potable para el consumo humano.

E. Material que será utilizado

- Cemento, material pétreo, arena, agua, acero.

A. ACTIVIDADES QUE, USUALMENTE, FORMAN PARTE DE UN PROYECTO DE MANTENIMIENTO INCLUYEN

- Limpieza de la servidumbre del camino.
- Reconformación y limpieza de cunetas, tubos y alcantarillas.
- Remoción de deslizamientos.
- Bacheos de la superficie del camino.
- Mantenimiento de puentes (reparación de barandas, pintura, limpieza general).
- Revestimiento o riego de piedra en los caminos no pavimentados.
- Colocación de señalamiento vial.

B. ACTIVIDADES QUE NO DEBEN INCLUIRSE COMO UN PROYECTO DE MANTENIMIENTO

- Movimiento de tierra.
- Instalación en el sitio de una planta de asfalto u hormigón.
- Instalación en el sitio de una cantera
- Extracciones de materiales pétreos por medio de explosivos.
- Dragados de cursos de agua.

C. FORMULARIO PARA LA CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL DE UN PROYECTO DE MANTENIMIENTO

Una respuesta afirmativa en las primeras cuatro preguntas sugeriría la necesidad de realizar un Plan de Manejo Ambiental al proyecto propuesto.

En las siguientes cuatro preguntas, una respuesta afirmativa implicaría la necesidad imperiosa de realizar un análisis más a fondo de los impactos como un proyecto de rehabilitación que se trata en el cuestionario siguiente.

Tabla XXX. Formulario para la categorización ambiental de un proyecto de mantenimiento

NOMBRE DEL PROYECTO: _____

LUGAR Y FECHA: _____

UBICACIÓN DEL PROYECTO: _____

ACTIVIDAD	CARACTERIZACIÓN	VALORES DE REFERENCIA	SÍ	NO
Desmonte	Se desmontarán considerables áreas de terreno	>1 ha/km		
Parcheo asfalto	Se harán parches en áreas extensas del camino.	>50% de la superficie		
Material pétreo para revestir caminos	El volumen de material a utilizar es considerable	>400 m3 >de 50 camiones de 10 yd3		
Limpieza de drenajes y remoción de derrumbes	Se estima que obtendrá un volumen grande de sedimentos procedentes de la limpieza de drenajes y remoción de derrumbes.	>15 m3 >2 camiones de 20 yd3		
Movimiento de tierra	Habrà que realizar cortes y rellenos en el camino.			
Uso de explosivos	El proyecto prevé el uso de explosivos			
Instalaciones del contratista	Se instalarán en el sitio del proyecto plantas de asfalto u hormigón, canteras, campamentos y/o talleres del contratista.			
Dragados	El proyecto incluye dragados canalización o desvíos de cursos de agua.			

I. DATOS GENERALES PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE CAMINOS Y CARRETERAS.

1. NOMBRE DEL PROYECTO

2. A. Nombre del Propietario del Proyecto (o de la Empresa)

- Dirección, teléfonos, fax

F. Tarjeta de identidad

G. NIT

- H. Número de Solvencia municipal
- I. Número de pasaporte (en caso de ser extranjero)
- 3. A. Nombre del Representante legal o apoderado
 - Dirección, teléfonos, fax
- C. Compañía(s) Constructores o Ejecutoras
 - Nombre del representante legal
 - Dirección, teléfonos, fax
- 4. Etapa en que se presenta el proyecto
 - Prefactibilidad
 - Factibilidad
 - Diseño
 - Ejecución
 - Otra (especifique)
- 5. Fuentes de
 - A. Prefinanciamiento
Dirección, teléfonos, fax
 - B. Financiamiento
Dirección, teléfonos, fax
- 6. Costo total del proyecto
 - Costo en US\$
 - Costo en quetzales.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La información que se solicita, se requiere de forma clara, concisa y breve (de ser necesario, anexar hojas adicionales).

1. Naturaleza del Proyecto:
 - (carretera o camino rural, construcción o rehabilitación, descripción general, capacidad proyectada, inversión, vida útil)
2. A. Ubicación geográfica del proyecto

- B. Ubicación administrativa del proyecto:
- Departamento
 - Municipio
 - Localidad
3. Descripción de la ruta
(parámetros del diseño geométrico, servidumbre de vía)
4. Fuentes de agua que atraviesa
(ríos, quebradas, cursos estacionales)
5. Ubicación y tipos de puentes y alcantarillas
6. Justificación de la ruta escogida
7. Descripción de la etapa de construcción o rehabilitación
(indicar las acciones y requerimientos necesarios para la materialización del Proyecto:
movimientos de tierra – rellenos – nivelaciones)
8. Tipo de insumos
(energía, agua, materia prima y su volumen)
9. Tipo de desecho
(emisiones sólidas, líquidas y gaseosas y tipo de desechos – su disposición y manejo)
10. Sitios de préstamo
(cantidades estimadas a utilizar)
11. Sitios de botadero
- Ubicación
 - Características
12. Sitios de campamentos y talleres
- Ubicación
 - Características
13. Colindancias del Proyecto
- Tierras nacionales
 - Tierras privadas
 - Áreas silvestres protegidas

14. Situación legal de los predios afectados por el Proyecto

- Tierras nacionales baldías
- Tierras privadas tituladas
- Derechos posesorios
- Tierras en arrendamiento

(Anexar mapa(s) de localización actualizado(s) señalando la ruta del Proyecto y su posible área de influencia. La escala del mapa debe ser 1:50,000 (hoja cartográfica) como mínimo.

15. Descripción de las áreas que afectarán el Proyecto incluyendo los sitios de préstamo. En este punto es necesario definir las características generales de los componentes del medio ambiente en todas las áreas atravesadas por el proyecto a una distancia de x metros del eje de la carretera. Con el propósito de definir las áreas directas e indirectamente impactadas por el Proyecto *(la descripción debe contener, según sea el caso, los siguientes aspectos ambientales obtenidos de bibliografía y/o de estudios ya realizados).*

A. Medio físico

1. Topografía de las áreas afectadas

(montañosa dominante, colinar, alternancia de colinas y montañas, áreas planas o llanuras dominantes, valles, alternancia de valles y llanuras).

2. Clima

3. Hidrología

(ríos, arroyos, lagos, lagunas, embalses, áreas pantanosas, régimen hidrológico, áreas inundadas, aguas subterráneas).

4. Procesos geomorfológicos y edafológicos

(geología, geomorfología, erosión, zonas inestables, deslizamientos, hundimientos, desprendimientos, depósitos aluvionales, paisajes naturales)

B. Medio Biótico

1. Flora

(vegetación, selvas y bosques, pastizales, recursos forestales y Áreas Silvestres Protegidas, rastrojos, áreas desérticas).

2. Fauna

(identificación de la fauna existente en las áreas que afectará el proyecto – especies amenazadas y en peligro de extinción).

C. Aspectos socioeconómicos de las áreas afectadas

1. Estructura social
2. Estructura económica
3. Antecedentes socioeconómicos y demográficos (migraciones)
4. Asentamientos humanos
5. Salud poblacional

D. Aspectos culturales e históricos

1. Reservas indígenas
2. Grupos étnicos
3. Riquezas arqueológicas
4. Riquezas antropológicas
5. Aspectos de interés cultural

E. Infraestructura existente – medio construido

1. Infraestructuras urbanas
2. Infraestructuras rurales
3. Acueductos – agua potable
4. Canales de riego
5. Electrificación

F. Riesgos de fenómenos naturales

1. Incendios
2. Inundaciones
3. Sismos
4. Vulcanismo
5. Deslizamientos masivos
6. Hundimientos

16. Preparación y construcción de la obra

F. Personal que se empleará

G. Equipo

H. Medio de transporte y abastecimiento

I. Campamentos

- Características y facilidades

J. Fuente de abastecimiento de agua potable para el consumo humano.

K. Material que será utilizado

- Cemento, material pétreo, arena, agua, acero, explosivos

Todas estas variables, generarán valiosa información que el asesor profesional tomará en consideración para sugerir las alternativas a tomarse en cuenta en la comercialización de bienes y servicios. A la vez de llevar a la comparación de errores para la mejora, continúa en este tipo de asesoría.

6.4.2 Comparación de errores

La comparación de errores, se sustenta de evaluaciones que merecen ser mejoradas, con éste fin se recopilarán datos con antecedentes relacionados con el proyecto y su área de influencia, indicando su localización con relación a entidades territoriales físicas y administrativas, los principales accidentes geográficos, la red hídrica, los asentamientos humanos y el sistema general de infraestructura al cual el proyecto se integrará.

Para los impactos más relevantes se establecerán indicadores cualitativos y cuantitativos que permitan evaluar la magnitud de las alteraciones que se produzcan como consecuencia del proyecto y facilitar el monitoreo de la evolución de los impactos ambientales (físicos, bióticos y sociales) y la eficacia de las medidas contempladas en el Plan de Manejo. En la formulación del programa de seguimiento y control se deberán considerar los aspectos que se detallan.

Selección de indicadores en función de los sistemas afectados y los tipos de impactos.

- Toma y análisis de datos: incluirá la recolección de datos, su almacenamiento y acceso por variables. La recolección de datos debe tener una frecuencia temporal adecuada que dependerá de la variable ambiental a controlar.
- Procedimientos para retroalimentación de los resultados que pueden servir para modificar los objetivos iniciales, además de adecuar el Plan de Manejo Ambiental.
- Intervención Ambiental durante la construcción.
- Planificación de Auditorías, Técnicas, Físicas y Ambientales (evaluación ex-post).
- Costos y cronograma de ejecución durante las fases de construcción y operación.

En este numeral se hace referencia a las metodologías para identificar y valorar los impactos de una adecuada comercialización en proyectos carreteros. . La selección de metodologías para identificar y valorar estos impactos permite ajustar más adecuadamente las estimaciones tomando las características del proyecto, las del área de influencia y la disponibilidad de datos e información. La metodología seleccionada debe ser la más conveniente para evaluar con la mayor objetividad los impactos y adoptar las medidas que correspondan para su mitigación, corrección o compensación.

Durante los últimos años se ha desarrollado un conjunto de metodologías para la identificación y valoración de impactos, algunas de las cuales se identifican a continuación.

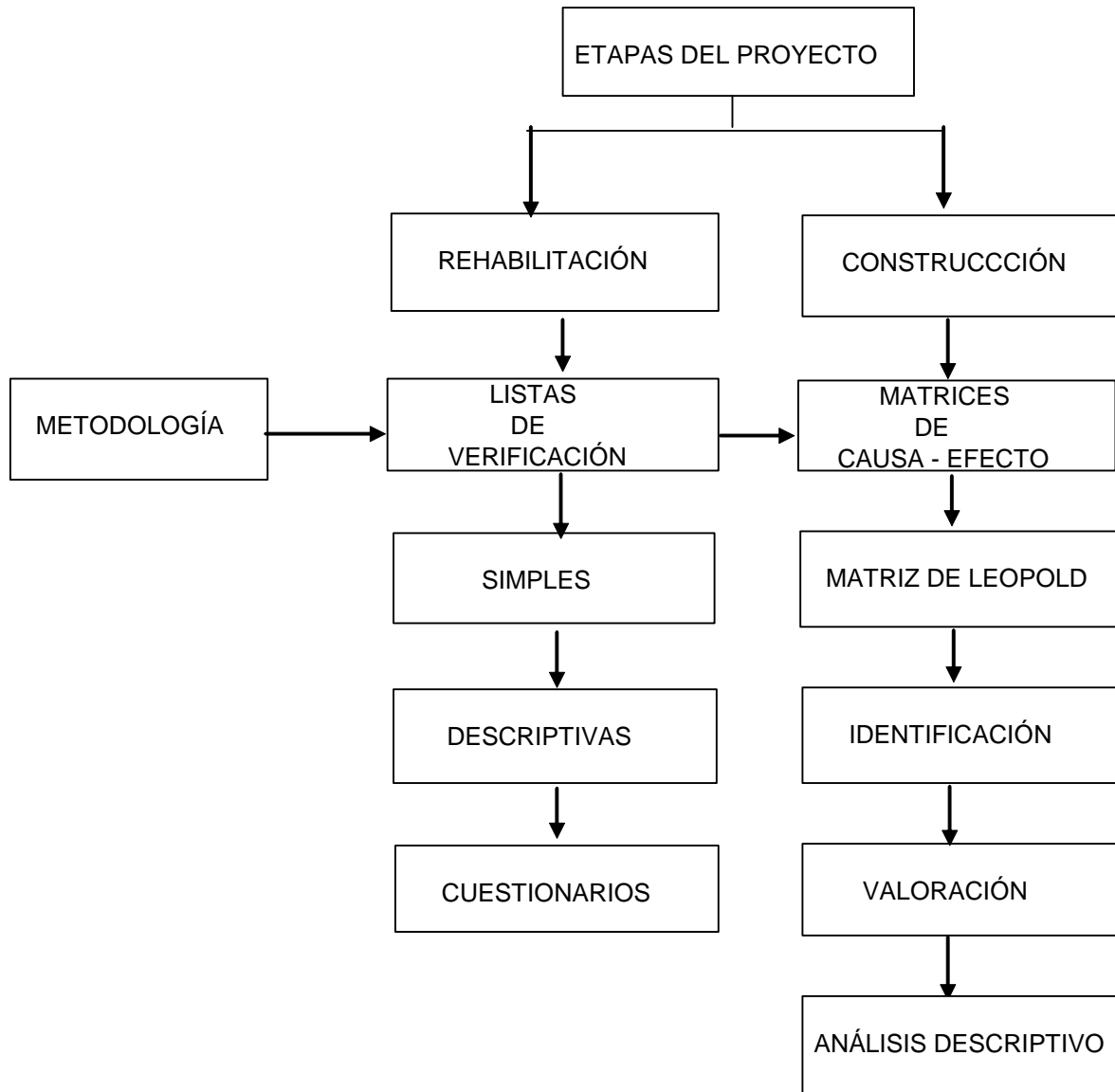
- Listas de verificación (listas simples, listas descriptivas, cuestionarios).
- Diagramas de flujo.
- Reuniones de expertos.
- Cartografía ambiental
- Redes de interacción.
- Matrices de Causa-efecto (Matriz de Leopold, el Método Battelle).
- Matriz de Estado de la información.

La utilización de una determinada metodología para la identificación y valoración en la comparación de errores, sus impactos pueden quedar establecidos en los términos de referencia para cada proyecto en particular.

También la selección de una metodología puede quedar sujeta a un acuerdo entre la Unidad de Desarrollo del proyecto y el consultor que elaborará el correspondiente desarrollo del proyecto.

En el diagrama siguiente se presentan ejemplos de dos metodologías que se podrían utilizar en sendas etapas de un proyecto vial: construcción y rehabilitación. Para la etapa de rehabilitación se podrían utilizar las denominadas Listas de verificación (simples, descriptivas o cuestionarios). Para la etapa de construcción se podría utilizar una modificación de la Matriz de Leopold, con la cual se podrían identificar y valorizar los impactos para luego realizar un análisis descriptivo de los mismos, tanto, individual como colectivamente, es decir, de la totalidad de los impactos.

Figura 17. Metodología para la identificación de los impactos en los proyectos de carreteras



Un ejemplo de una Lista de verificación simple con elementos ambientales y variables socioeconómicas que podrían ser afectados por las acciones de un proyecto de rehabilitación de una carretera se presenta a continuación.

A. ELEMENTOS AMBIENTALES

- Clima
- Calidad del aire
- Niveles sonoros
- Aguas
 - Régimen de flujo
 - Régimen de crecidas
 - Nivel freático
 - Erosión del cauce
 - Calidad de agua
 - Sedimentación
- Suelos
 - Erosión
 - Compactación
 - Fertilidad y capacidad de uso
 - Contaminación
- Biodiversidad
 - Cobertura vegetal
 - Fauna silvestre
 - Especies amenazadas
 - Hábitat de vida silvestre terrestre
 - Rutas de paso (vida silvestre y ganado)
 - Recursos acuáticos

B. ASPECTOS SOCIALES

- Estructura poblacional
- Culturas étnicas
- Servicios básicos
- Morbilidad/mortalidad

- Nutrición
- Vivienda
- Redes sociales
- Seguridad vial
- Criminalidad
- Enfermedades transmitidas por vectores

C. ASPECTOS ECONÓMICOS

- Empleo
- Comercialización
- Tenencia
- Producción

El equipo profesional

El proceso para la evaluación en la comparación de errores requiere de un equipo de especialistas, profesionales y técnicos, con experiencia, que en conjunto deben llevar a cabo el estudio. El equipo debe estar integrado por especialistas en las siguientes disciplinas: Hidrología, Suelos, Ecología, Biología, Sociología, Economía e Ingeniería, y otras que eventualmente, se requieran (agronomo, ingeniero forestal, arqueólogo) para evaluar completamente el proyecto que se propone. En algunos casos, el equipo de expertos puede constituirse por un grupo base que estaría asignado a tiempo completo y un grupo complementario que tendría asignaciones específicas cuando sea requeridas a lo largo del proceso.

CONCLUSIONES

1. Para implementar los procedimientos desarrollados en el presente trabajo de graduación, es necesario revisar los criterios y factores discutidos en las secciones precedentes como medio de obtener el producto final: minimizar los costos con el uso de polímeros con una buena comercialización.
2. Los equipos y herramientas deberán manejarse, hábilmente, es decir, tener la habilidad de manejar paquetes y hojas electrónicas que resumen los caudales de diseño, fundamentales para la escogencia de diámetros o tamaños de tuberías en las obras de carreteras y la reducción de costos correspondiente.
3. Se obtienen resultados positivos en la comercialización de los polímeros, en el tema ambiental, ya que se reducen los impactos de contaminación de las cuencas, las lluvias ácidas, y mantos freáticos, ya que estos materiales son totalmente inertes, es decir, no les afectan las reacciones químicas ácidas o alcalinas.
4. Los presupuestos en el Ministerio de Comunicaciones, Vivienda y Obras Públicas se ven constantemente ampliados cada año, situación que no se haría necesario si se colocan los materiales adecuados.
5. Es importante, cuando se comercialicen los materiales, se verifique soporte a los mismos con normas o certificaciones, y garantías de producción de calidad de las casas fabricantes, y de las instituciones internacionales de reconocido prestigio, como ASTM, AASHTO, ISO, DIN.

6. La comercialización de los polímeros, sean estos tuberías de cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta densidad (HDPE), en los proyectos de carreteras, logran la combinación del fácil manejo, poco peso, facilidad de instalación, amplia gama de diámetros. Hacen de los polímeros una alternativa que, al final de la obra, resulta en la mejor relación costo-eficiencia.
7. La experiencia de los contratistas lograda a través de una adecuada asesoría comercial demuestra que utilizando los polímeros, se tienen los más rápidos avances de obra, el menor riesgo por accidentes y logran los más bajos costos de transporte y manejo, comparados con otros productos del mercado.
8. Las tuberías de polímeros como el PVC, y el HDPE, son hasta 30 veces más livianas que las tuberías de concreto, haciendo mucho más fácil su transporte y manejo. Se reducen los costos en requerimientos de mano de obra y equipo pesado, con la correspondiente reducción en el riesgo potencial de lesiones al personal en obra.
9. El costo de tuberías derivadas de los polímeros son, extremadamente, competitivos con el concreto y con el acero corrugado. Cuando los costos de instalación se involucran, los ahorros empiezan a multiplicarse.
10. Encuestas recientes de los Departamentos de Transporte, revelan que las reducciones en el costo instalado de las tuberías plásticas de polímeros fueron de 12 a 38% comparadas con el concreto, y del 5 al 28% en comparación con el acero corrugado.

RECOMENDACIONES

1. La profesionalización de la asesoría en la comercialización de tecnologías, deberá generar minimización de costos en todas las áreas de la industria, en este caso de la construcción de carreteras, a través del uso de los polímeros.
2. Se recomienda realizar un recorrido de todos los niveles organizacionales. Donde se den a conocer los productos y materiales que constantemente se están innovando.
3. La comparación de costos, a través de tablas comparativas son herramientas que el ingeniero profesional, asesor en la comercialización deberá de manejar con habilidad al transmitir las ideas al consumidor final.
4. Es recomendable que el ingeniero profesional, se capacite periódicamente en las áreas técnicas, como también en las áreas referentes a las relaciones personales, de la psicología industrial, conocer el temperamento en la relación de compra-venta esto facilitará sustancialmente el entendimiento en la relación interpersonal cliente-proveedor.
5. Tener el conocimiento, y análisis de ingeniería, en la escogencia de los materiales y servicios recomendados, como se refiere al cálculo de caudal de diseño, y que finalmente se facilita a través de las tablas generadas por las bases de datos de las instituciones como el INSIVUMEH.

6. Es recomendable la utilización de materiales como el PVC, el HDPE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, en el diseño de carreteras por su bajo costo operativo, durabilidad, y fácil manejo, en los procesos de construcción, operación y mantenimiento
7. Se recomienda que el asesor sea facilitador en el manejo de la reducción de costos al promover sus bienes y servicios para convencer al cliente del costo-beneficio con el uso de los polímeros.
8. Es recomendable contar con un programa integral de reparaciones y mantenimiento que reduzca la probabilidad de falla. En este paso el ingeniero asesor en la comercialización proveerá alternativas y soluciones económicas mediante el uso de los polímeros.
9. Las tuberías de polímeros como el PVC, y el HDPE, son hasta 30 veces más livianas que las tuberías de concreto, haciendo mucho más fácil su transporte y manejo. Se reducen los costos en requerimientos de mano de obra y equipo pesado, con la correspondiente reducción en el riesgo potencial de lesiones al personal en obra.
10. El costo de tuberías derivadas de los polímeros son, extremadamente, competitivos con el concreto y con el acero corrugado. Cuando los costos de instalación se involucran, los ahorros empiezan a multiplicarse.
11. Encuestas recientes de los departamentos de transporte, revelan que las reducciones en el costo instalado de las tuberías plásticas de polímeros fueron de 12 a 38% comparadas con el concreto, y de 5 al 28% en comparación con el acero corrugado.

BIBLIOGRAFÍA

1. STREETER, V.L and WYLIE, E.B (1981). Mecánica de Fluidos-segunda Edición. McGraw-Hill.
2. KANEN, J.D. (1986). Applied hydraulics for technology. CBC College Publishing. (Holt, Rinehart and Winston), New York.
3. MANUAL TECNICO GENERAL. DURMAN ESQUIVEL. Edición 2,002
4. MANUAL TECNICO. ADVANCED DRAINAGE SYSTEMS 2002. Tuberías de polietileno de alta densidad.
5. NORMAS ASTM PARA APLICACIONES EN TUBERIAS EN CARRETERAS.
6. NORMAS AASHTO. APLICACIONES EN TUBERIAS EN CARRETERAS.
7. ADS Tech Note 2,116 Abrasion Resistance of Piping Systems. 2,005
8. ADS Tech Note 2.108 Chemical Resistance Properties of corrúgate Polyethylene Pipe, fittings, and Manholes.2,005
9. ADS Nota técnica 2.115 Rigidez Comparativa de Tubos.2,005
10. ADS Nota técnica 2,119 Capacidad de flujo.2,005
11. ADS Nota técnica 4.103 Diseño de Tubería Plástica.2,005

- 12.ADS Nota técnica 2.130 Desempeño Estructural para Tubería de Polietileno Corrugada usando la Solución Burns and Richard.2,005
- 13.CONDICIONES DE INSTALACIÓN Y DISEÑO. Tubería Perfilada de PVC para Conducción de agua a baja presión. Durman Esquivel. 2003.
- 14.Agustín Reyes Ponce. ADMINISTRACIÓN MODERNA. 3 ra. Edición LIMUSA. 1995.
- 15.Don Hellriegel, John W. Slocom.ADMINISTRACIÓN. 7 ma. Edición Torzón. 1998.
- 16.Walton, Mary.COMO ADMINISTRAR CON EL MÉTODO DEMING. Traducción. Guisela Wolfers de Rosas. Barcelona, Editorial Norma, 1998.
- 17.Blank, T. Leland y Anthony J. Tarquin. INGENIERIA ECONOMICA. 4 a. Edición. Colombia. McGraw Hill Interamericana Editores S.A. 1999.
- 18.García Criollo, Roberto. ESTUDIO DEL TRABAJO, INGENIERÍA DE MÉTODOS. Séptima Edición. México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A., 1998.
- 19.Niebel Benjamín W. INGENIERIA INDUSTRIAL, TIEMPOS Y MOVIMIENTOS. 9 na. Edición México: Alfa Omega S.A.,1993
- 20.ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES. Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Edición septiembre del 2,001

21.Keller, Gordon P.E.,Gerald P. Bauer, Mario Aldana. “CAMINOS RURALES CON IMPACTOS MÍNIMOS”. Guatemala, América Central, 1,995.

ANEXOS



ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 9 de Julio de 2006

SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA DE SANITARIA PEAD ADS WT N 12 S65 D= 60.0 CM(24")

Cantidad analizada: 1.00		Rendimiento:	110	ML/diarios		
Unidad: ML						
MATERIALES						
Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	Desperdicio	Precio Unit	Total
ADSWT24	TUBERIA DE PEAD ADS PL WT N12, SERIE65 D=60 CM, 24" L= 6M	ML	1.00	1.00%	56.90	57.47
Total Materiales:						57.47
Costo Unitario:						57.47

EQUIPOS						
Codigo	Descripcion	Cantidad	Depreciacion	Precio Unit	Total	
EM	EQUIPO MENOR DE EMSAMBLE TUBERIA	1.00	0.00	1.55	1.55	
Total Materiales:						1.55
Costo Unitario:						0.01

MANO DE OBRA						
Codigo	Descripcion	Cant.	Jornal	Subsidio	Tot. Subsidio	Total Jornal
MOCPE2	CUADRILLA TIPO 2 TUBERIA PEAD ADS	1.00	69.78	0.00	0.00	69.78
Subtotal de Mano de Obra:						69.78
241.00% Prestaciones Sociales:						168.17
Total de mano de Obra:						237.95
Total:						237.95
Costo Unitario:						2.16

Calculado por: Ing. L. Gonzalez Ravelo Revisado por: Ing. L. Vallecillo		Costo Difrecto, Subtotal A	59.65
	15.00%	Administracion y Gastos Generales	8.95
		Subtotal B	68.59
	10.00%	Imprevistos y Utilidad	6.86
	0.00%	Financiamiento	0.00
		P.U. Asumido	75.45
	12.00%	Impuesto	7.16
		Total General	82.61

COSTO UNITARIO INSTALADO DE TUBO DE 24" POR METRO LINEAL	\$	13.77
COSTO POR 7 METROS LINEALES DE TUBO ADS 24"	\$	96.38



ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 9 de julio de 2006

SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA DE SANITARIA PEAD ADS WT N 12 S65 D= 90.0 CM(36")

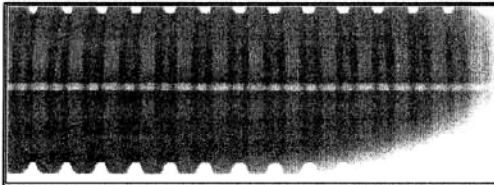
Cantidad analizada: 1.00 Unidad: ML	Rendimiento: 85	ML/diarios				
MATERIALES						
Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	Desperdicio	Precio Unit	Total
ADSWT36	TUBERIA DE PEAD ADS PL WT N12, SERIE65 D=90 CM, 36" L= 6M	ML	1.00	1.00%	183.33	185.17
Total Materiales:						185.17
Costo Unitario:						185.17

EQUIPOS					
Codigo	Descripcion	Cantidad	Depreciacion	Precio Unit	Total
MM2040	MINICARGADOR MUSTANG/BOBCAT	0.50	0.00231	42,877.09	49.52
EM	EQUIPO MENOR DE EMSAMBLE TUBERIA	1.00	0.00000	1.55	1.55
Total Materiales:					51.07
Costo Unitario:					0.60

MANO DE OBRA						
Codigo	Descripcion	Cant.	Jornal	Subsidio	Tot. Subsidio	Total Jornal
MOCPE2	CUADRILLA TIPO 2 TUBERIA PEAD ADS	1.00	69.78	0.00	0.00	69.78
CH4	CHOFER DE 4TA., OFICIO 3-3	0.50	17.00	0.00	0.00	8.50
Subtotal de Mano de Obra:						78.28
241.00% Prestaciones Sociales:						188.65
Total de mano de Obra:						266.93
Total:						266.93
Costo Unitario:						3.14

	Costo Difrecto, Subtotal A	188.91
	15.00% Administracion y Gastos Generales	28.34
Calculado por: Ing. L. Gonzalez Ravelo	Subtotal B	217.24
Revisado por: Ing. L. Vallecillo	10.00% Imprevistos y Utilidad	21.72
	0.00% Financiamiento	0.00
	P.U. Asumido	238.97
	12.00% Impuesto	22.67
	Total General	261.64

COSTO UNITARIO INSTALADO DE TUBO DE 36" POR METRO LINEAL	\$ 43.61
COSTO POR 7 METROS LINEALES DE TUBO ADS 36"	\$ 305.24



THE MOST ADVANCED NAME IN DRAINAGE SYSTEMS



ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha : 9 de Julio de 2006

**SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA DE SANITARIA PEAD ADS WT N 12 S65 D= 75.0 CM(30")
PRECIOS EN DOLARES AMERICANOS**

Cantidad analizada: 1.00		Rendimiento:	90	ML/diarios		
Unidad:ML						
MATERIALES						
Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	Desperdicio	Precio Unit	Total
ADSWT30	TUBERIA DE PEAD ADS PL WT N12, SERIE65 D=75 CM, 30" L= 6M	ML	1.00	1.00%	79.00	79.79
Total Materiales:						79.79
Costo Unitario:						79.79

EQUIPOS						
Codigo	Descripcion	Cantidad	Depreciacion	Precio Unit	Total	
MM2040	MINICARGADOR COMPACTO BOBCAT/ MUSTANG	0.25	0.00231	42,877.09	24.76	
EM	EQUIPO MENOR DE EMSAMBLE TUBERIA	1.00	0.00000	1.55	1.55	
Total Materiales:						26.31
Costo Unitario:						0.29

MANO DE OBRA						
Codigo	Descripcion	Cant.	Jornal	Subsidio	Tot. Subsidio	Total Jornal
MOCPE2	CUADRILLA TIPO 2 TUBERIA PEAD ADS	1.00	69.78	0.00	0.00	69.78
CH4	CHOFER DE 4TA., OFICIO 3-3	0.25	17.00	0.00	0.00	4.25
Subtotal de Mano de Obra:						74.03
58.00% Prestaciones Sociales:						42.94
Total de mano de Obra:						116.97
Total:						116.97
Costo Unitario:						1.30

	Costo Difrecto, Subtotal A	81.38
	15.00% Administracion y Gastos Generales	12.21
	Subtotal B	93.59
	10.00% Imprevistos y Utilidad	9.36
	0.00% Financiamiento	0.00
	P.U. Asumido	102.95
	12.00% Impuesto	9.77
	Total General	112.71

	COSTO UNITARIO INSTALADO DE TUBO DE 30 PULGADAS POR METRO LINEAL	\$ 18.79
	COSTO POR 7 METROS LINEALES DE TUBO ADS 30 PULGADAS	\$ 131.50

Calculado por: Ing. L. Gonzalez Ravelo
Revisado por: Ing. L. Vallecillo



ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 21 de febrero del 2006

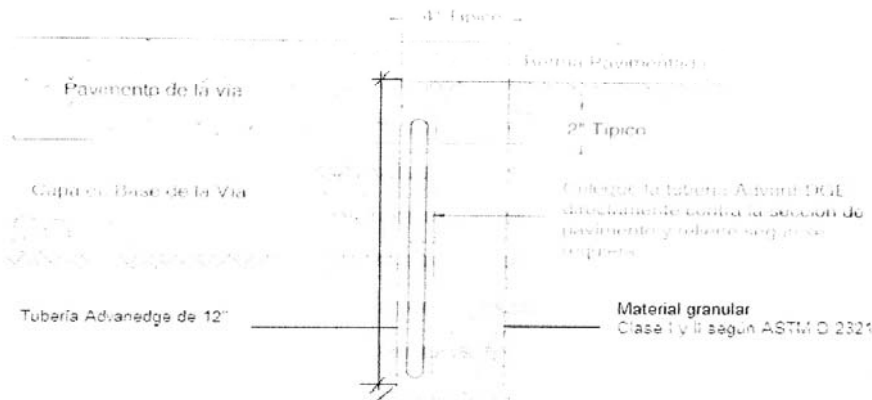
SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA DE PERFIL VERTICAL ADVANEDGE D= 12"

Cantidad analizada: 1.00						
Unidad: ML						
MATERIALES						
CONCEPTO	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL	
Tubería perfil vertical AdvanEDGE 12"	1.0m/m	1.00	ml	6.40	6.40	
Uniones AdvanEDGE 12"	1c/30m	0.03	ml	16.75	0.55	
Descargas laterales AdvanEDGE 12"	1c/200m	0.01	ml	16.30	0.08	
Descargas en línea AdvanEDGE 12"	1c/200m	0.01	ml	16.10	0.08	
Tapones Finales AdvanEDGE 12"	1c/500m	0.00	ml	15.84	0.03	
Material granular clase I o II (grava)	0.033 m3/ml	0.03	m 3	16.00	0.54	
SUB-TOTAL					7.68	

EQUIPOS							
CONCEPTO	EQUIPO	RENTA	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
TUBERÍA OBLONGA ADVANEDGE 12"							
Equipo Perforador (1 mts. Profundidad)	1.00	US 80/diarios	800 ml/diarios	1.00	tubos	0.10	0.10
TOTAL							0.10

MANO DE OBRA					
CONCEPTO	RENDTO	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Instalación de tubería de Advanedge 12"	800m/3h/1c	1.00	ml	0.63	0.63
SUB-TOTAL					0.63
PRESTACIONES SOCIALES					
TOTAL					0.94
Costo Directo, Subtotal A					8.72
8.00% Administración y Gastos Generales					0.70
Subtotal B					9.42
5.00% Imprevistos y Utilidad					0.47
0.00% Financiamiento					0.00
P.U. Asumido					9.89
12.00% Impuesto					1.05
Total General					10.93

Dren Longitudinal de Carreteras





ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 21 de febrero del 2006

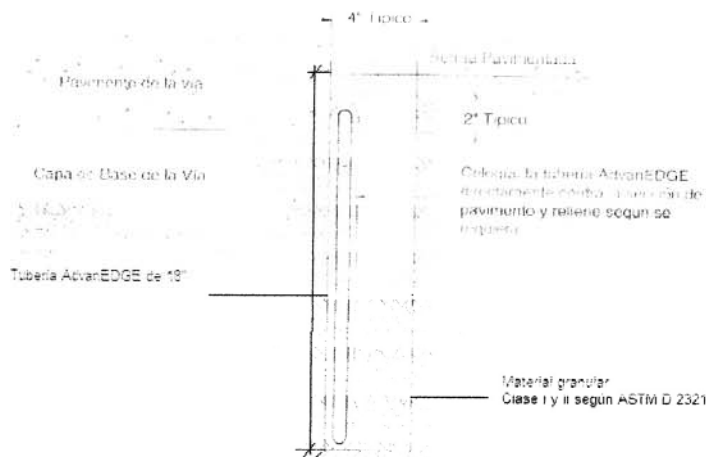
SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA DE PERFIL VERTICAL ADVANEDGE D= 18"

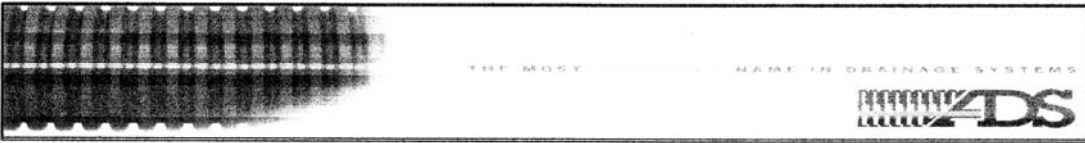
Cantidad analizada: 1.00					
Unidad: ML					
MATERIALES					
CONCEPTO	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Tubería perfil vertical AdvanEDGE 18"	1.0m/m	1.00	ml	13.71	13.71
Uniones AdvanEDGE 18"	1c/30m	0.03	ml	18.50	0.61
Descargas laterales AdvanEDGE 18"	1c/200m	0.01	ml	18.50	0.09
Descargas en línea AdvanEDGE 18"	1c/200m	0.01	ml	18.50	0.09
Tapones Finales AdvanEDGE 18"	1c/500m	0.00	ml	18.50	0.04
Material granular clase I o II (grava)	0.0379 m3/ml	0.04	m 3	16.00	0.61
SUB-TOTAL					15.15

EQUIPOS							
CONCEPTO	EQUIPO	RENTA	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
TUBERÍA OBLONGA ADVANEDGE 18"							
Equipo Perforador (1 mts. Profundidad)	1.00	US\$ 80/diarios	600 ml/diarios	1.00	tubos	0.13	0.13
TOTAL							0.13

MANO DE OBRA					
CONCEPTO	RENDTO	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Instalación de tubería de Advanedge 18"	600m/3h/1c	1.00	ml	0.78	0.78
SUB-TOTAL					0.78
PRESTACIONES SOCIALES					
TOTAL					1.09
Costo Directo, Subtotal A					16.37
8.00% Administracion y Gastos Generales					1.31
Subtotal B					17.68
5.00% Imprevistos y Utilidad					0.88
0.00% Financiamiento					0.00
P.U. Asumido					18.57
12.00% Impuesto					1.96
Total General					20.53

Dren Longitudinal de Carreteras





ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 21 de febrero del 2006

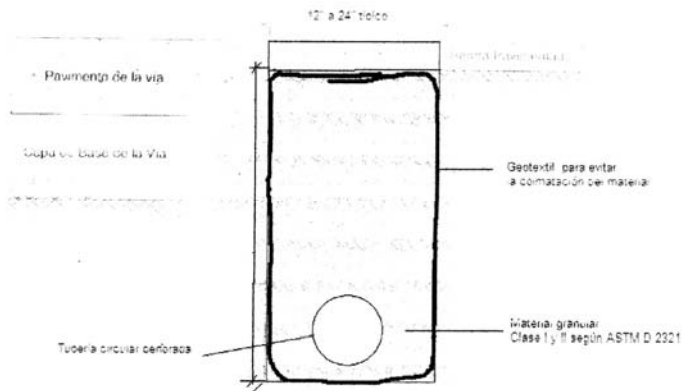
SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA PVC PERFORADA D= 4" PARA SUBDRENAJE

Cantidad analizada: 1.00					
Unidad: ML					
MATERIALES					
CONCEPTO	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Tubería PVC 4" SDR 41	1.0m/m	1.00	ml	3.00	3.00
Pegamento PVC	15 pegas/0.25gal	0.07	1/4 gal	9.50	0.63
Tees para descargas laterales 4"	1c/200m	0.01	ml	8.20	0.04
Tapones Finales 4"	1c/500m	0.00	ml	2.90	0.01
Material granular clase I o II (grava)	0.329 m3/ml	0.33	m 3	16.00	5.26
Geotextil	2.64 m2/ml	2.64	m 2	1.00	2.64
SUB-TOTAL					11.58

EQUIPOS							
CONCEPTO	EQUIPO	RENTA	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
TUBERÍA PVC 4"							
Retroexcavadora	1.00	US 180/diarios	600 ml/diarios	1.00	tubos	0.30	0.30
TOTAL							0.30

MANO DE OBRA					
CONCEPTO	RENDTO	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Instalación de tubería perforada PVC 4"	600m/7h/1c	1.00	ml	1.50	1.50
SUB-TOTAL					1.50
PRESTACIONES SOCIALES					0.31
TOTAL					1.81
Costo Directo, Subtotal A					13.69
8.00% Administración y Gastos Generales					1.10
Subtotal B					14.79
5.00% Imprevistos y Utilidad					0.74
0.00% Financiamiento					0.00
P.U. Asumido					15.53
12.00% Impuesto					1.64
Total General					17.17

Dren Longitudinal de Carreteras





ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 21 de febrero del 2006

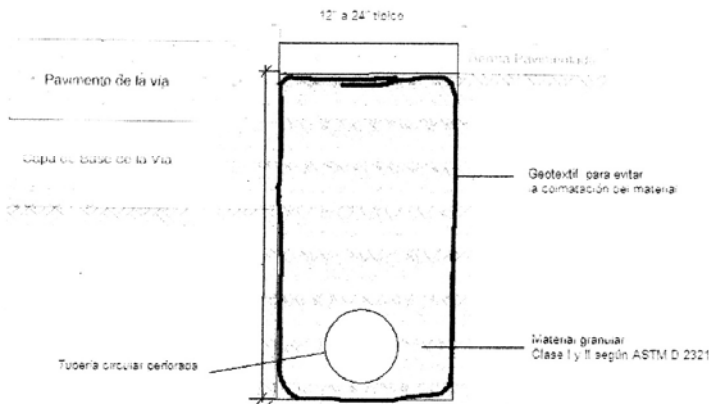
SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA PVC PERFORADA D= 6" PARA SUBDRENAJE

Cantidad analizada: 1.00						
Unidad: ML						
MATERIALES						
CONCEPTO	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL	
Tubería PVC 6" SDR 41	1.0m/m	1.00	ml	6.78	6.78	
Pegamento PVC	10 pegas/0.25gal	0.10	1/4 gal	9.50	0.95	
Tees para descargas laterales 6"	1c/200m	0.01	ml	47.20	0.24	
Tapones Finales 6"	1c/500m	0.00	ml	13.90	0.03	
Material granular clase I o II (grava)	0.329 m3/ml	0.33	m 3	16.00	5.26	
Geotextil	2.64 m2/ml	2.64	m 2	1.00	2.64	
SUB-TOTAL					15.90	

EQUIPOS							
CONCEPTO	EQUIPO	RENTA	RENDTO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
TUBERÍA PVC 6"							
Retroexcavadora	1.00	US\$ 180/diarios	600 ml/diarios	1.00	tubos	0.30	0.30
TOTAL							0.30

MANO DE OBRA						
CONCEPTO	RENDTO	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL	
Instalación de tubería perforada PVC 6"	550m/7h/1c	1.00	ml	1.70	1.70	
SUB-TOTAL					1.70	
PRESTACIONES SOCIALES						
TOTAL					2.01	
Costo Directo, Subtotal A						18.21
8.00% Administración y Gastos Generales						1.46
Subtotal B						19.66
5.00% Imprevistos y Utilidad						0.98
0.00% Financiamiento						0.00
P.U. Asumido						20.65
12.00% Impuesto						2.18
Total General						22.83

Dren Longitudinal de Carreteras





ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

Fecha: 21 de febrero del 2006

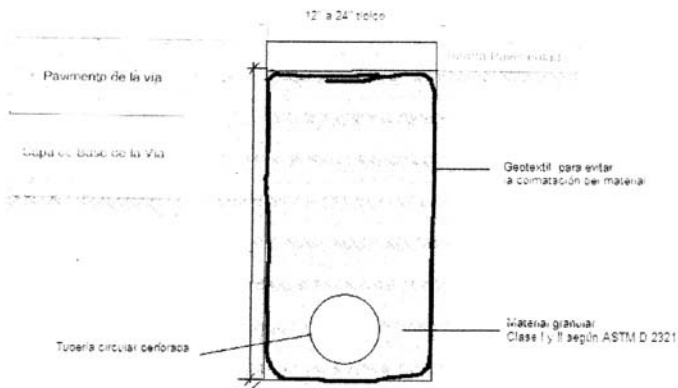
SUMINISTRO/COLOCACION DE TUBERIA PVC PERFORADA D= 8" PARA SUBDRENAJE

Cantidad analizada: 1.00					
Unidad: ML					
MATERIALES					
CONCEPTO	RENDO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Tubería PVC 8" SDR 41	1.0m/m	1.00	ml	11.50	11.50
Pegamento PVC	5 pegas/0.25gal	0.20	1/4 gal	9.50	1.90
Tees para descargas laterales 8"	1c/200m	0.01	ml	89.83	0.45
Tapones Finales 8"	1c/500m	0.00	ml	36.28	0.07
Material granular clase I o II (grava)	0.329 m3/ml	0.33	m 3	16.00	5.26
Geotextil	2.64 m2/ml	2.64	m 2	1.00	2.64
SUB-TOTAL					21.83

EQUIPOS							
CONCEPTO	EQUIPO	RENTA	RENDO.	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
TUBERÍA PVC 8"							
Retroexcavadora	1.00	US 180/diarios	600 ml/diarios	1.00	tubos	0.30	0.30
TOTAL							0.30

MANO DE OBRA					
CONCEPTO	RENDO	CANT.	UNIDAD	C/U	TOTAL
Instalación de tubería perforada PVC 8"	500m/7h/1c	1.00	ml	1.80	1.80
SUB-TOTAL					1.80
PRESTACIONES SOCIALES					
TOTAL					2.11
				Costo Directo, Subtotal A	24.24
				8.00% Administración y Gastos Generales	1.94
				Subtotal B	26.17
				5.00% Imprevistos y Utilidad	1.31
				0.00% Financiamiento	0.00
				P.U. Asumido	27.48
				12.00% Impuesto	2.91
				Total General	30.39

Dren Longitudinal de Carreteras



CERTIFICADO DE CALIDAD

Tubofort, S. A., empresa certificada ISO 9001:2000, fabricante de tubería y accesorios de PVC, ubicada en Km 19.5 Carretera al Pacífico, Villa Nueva, certifica:

Que la tubería de PVC para agua potable a presión, producida en nuestra planta, es fabricada bajo las especificaciones que rige la norma **ASTM D-2241**.

Su calidad es controlada en base a los métodos de prueba **ASTM: D-2122** (Prueba de Dimensiones), **D-1599** (Prueba de Presión Ruptura Rápida), **D-2152** (Prueba de Resistencia a la Inmersión en Acetona), **D-2444** (Prueba de Resistencia al Impacto), y **D-2241** Sección 8.6 (Prueba de Aplastamiento).

Garantizamos que la misma cumple con las normas de fabricación anteriormente expuestas y que puede usarse para las aplicaciones indicadas.

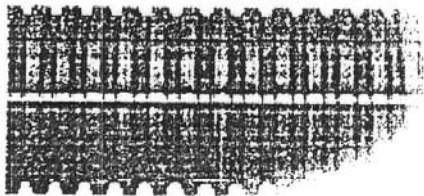
Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, Julio Antonio Elías, de CONSTRUCTORA SIGLO XX, el 27 de enero de 2003.



Fernando González Alvarado
Jefe de Aseguramiento de Calidad

TUBOFORT, S. A.

TUBOFORT



THE MOST

NAME IN DRAINAGE SYSTEMS

ADS

3 de marzo de 2004

Ing. César Pelaez
CONESA
Presente.

ASUNTO: CERTIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES
ASTM Y AASHTO; Y GARANTÍA DEL PRODUCTO.

Por este medio **CERTIFICAMOS Y GARANTIZAMOS** que las **TUBERIAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD** fabricadas por **ADS CENTROAMERICA Ltda. DE C.V.** (localmente) y **ADVANCED DRAINAGE SYSTEMS, INC.** (E.E.U.U.) cumplen y exceden con los requerimientos según las siguientes especificaciones:

- **AASHTO M294**, Especificación Estándar para Tubería Corrugada de Polietileno de 300mm a 1200 mm de Diámetro (12" a 48")
- **AASHTO Sección 30**, Estándar para la instalación de tuberías termoplásticas.
- **AASHTO MP7**, Especificación Estándar para Tubería de Polietileno de 1350 y 1500 mm de Diámetro (54" y 60").
- **ASTM D 2321**, practica Estándar para Instalación Subterránea de Tubería de Termoplástica para Alcantarillado y otras Aplicaciones de Flujo por Gravedad.
- **ASTM D 3212**, especificaciones Estándar para Uniones para Tubería Plástica de Drenaje y Alcantarillado utilizado Juntas Elastoméricas Flexibles.
- **ASTM F 1417**, Método de Ensayo Estándar para la Aceptación de la Instalación de Líneas Plásticas de Alcantarillado por Gravedad utilizando Aire a Baja Presión.
- **ASTM F 477-95**, Especificación Estándar para Sellos Elastoméricos (Empaques) para la Unión de Tubería Plástica. Con valores de hermeticidad para tuberías ADS N-12 SIGUIENTES: **PRO LINK ULTRA "ST", 3.5 PSI Y PRO LINK "WT", 10.8 PSI.**
- **ASTM F 667**, Especificación Estándar para Tuberías y Accesorios de Polietileno Corrugado de Gran Diámetro.

Por lo tanto, **GARANTIZAMOS** la buena calidad de las **TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, MARCA ADS N-12** las cuales han sido utilizadas ampliamente en los en Proyectos de drenajes de carreteras, Urbanizaciones, Centros Comerciales, Aeropuertos, Complejos Deportivos, Alcantarillados Pluviales, Alcantarillados Sanitarios, Estadios Etc. por más de 30 años.

Ing. Leonidas Vallecillo
Gerente Técnico ADS CENTROAMERICA.

C.C. Archivo

DURMAN ESQUIVEL S.A.

CERTIFICADO DE CALIDAD y GARANTÍA

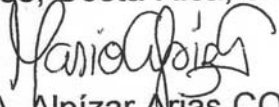
Durman Esquivel S.A., empresa certificada ISO 9001, fabricante de tubos, accesorios, perfiles y cemento solvente de poli(cloruro de vinilo) -PVC- y poli(cloruro de vinilo clorado) -CPVC-, cédula jurídica número 3-101-006-779-37, localizada en San Gabriel de Calle Blancos, cantón de Goicoechea, San José, Costa Rica, teléfono 506-212-5700, fax 506-256-7176, apartado postal 6139-1000, casilla de correo electrónico servicio@durman.com, certifica:

Que el pegamento transparente de PVC en todas sus presentaciones, es producido por Durman Esquivel S.A. en Costa Rica, de conformidad con todos los requisitos de nuestros clientes y las especificaciones técnicas de la norma ASTM D 2564 "Especificaciones para cemento solvente de PVC". Además este producto se somete a una auditoría externa bimensual de verificación, lo cual garantiza su calidad, funcionalidad y seguridad en el uso. Se garantiza que este producto es de primera calidad y cumple con todas las expectativas requeridas.

Que entre las principales características de dicho pegamento a 23 °C se tienen las siguientes:

Viscosidad (mPa.s)	5000 ± 300
Esfuerzo cortante de traslape mínimo (MPa)	
A las 2 horas	1,7
A las 16 horas	3,4
A las 72 horas	6,2
Resistencia mínima a la presión interna - 2 horas - (MPa)	2,8
Gravedad específica	0,970 ± 0,005
Contenido de sólidos (%)	20 ± 1

Se extiende el presente documento a solicitud del interesado. Dado en San José, Costa Rica, el 01 Febrero del 2005. Por Durman Esquivel S.A. :


Mario A. Alpízar Arias CQE # 43390
Jefe de Aseguramiento de Calidad
Ingeniero Químico NI-739 C.F.Q.I.Q.

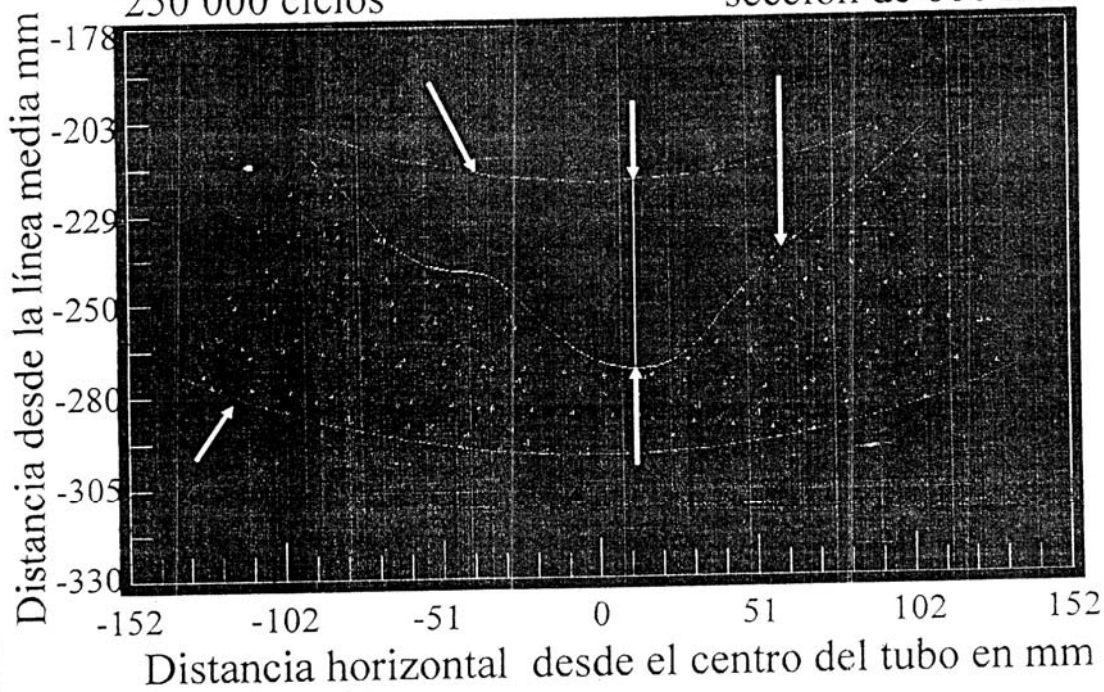


Estudio de la Erosión en Pared Interna

Tubería de Concreto Reforzado 450 mm D.I 1,2 m long. pH = 5

250 000 ciclos

sección de 600 mm



Universidad del Estado de California, Sacramento

Notas de productos

Nota de producto 3.107

Asunto: Especificación para tubos
corrugados de polietileno de
interior liso

Fecha: 17 de junio de 2002



Esta especificación se aplica a tubos corrugados de polietileno de alta densidad con una sección de paso de agua lisa conformada integralmente. Los diámetros nominales para los que es aceptable esta especificación varían de 100 a 1500 mm (4 a 60 pulg). Los diámetros de 100 – 1500 mm (4 – 60 pulg) deben ser AASHTO Tipo 'S' o Tipo 'D' de la forma siguiente. Los tamaños 100 – 1500 mm (4 – 60 pulg) designados como AASHTO Tipo 'S' (N-12) deben tener una sección transversal circular completa, con una pared exterior corrugada y una pared interior básicamente lisa (sección de paso de agua). Las corrugaciones de los tamaños del Tipo 'S' de 100 – 1500 mm (4 – 60 pulg) deben ser anulares (N-12). Los tamaños 1050 – 1500 mm (42 - 60 pulg) designados como AASHTO Tipo 'D' (N-12HC) deben consistir en una sección de paso de agua básicamente lisa reforzada circunferencialmente con nervaduras circulares que se forman simultáneamente con una pared exterior básicamente lisa. Los tamaños de 1050 – 1500 mm (42 - 60 pulg) (N-12HC) deben cumplir con AASHTO Tipo 'D' (que describe un tubo de pared doble con una sección de paso de agua lisa).

Los tubos fabricados para esta especificación deben cumplir con los requisitos para los métodos de prueba, dimensiones y marcas encontradas en las designaciones M252, M294 y MP7 de AASHTO. Los tubos y accesorios deben estar hechos de compuestos de polietileno virgen que cumplan con la edición actual correspondiente de las especificaciones de materiales de AASHTO para clasificación de células según se definen y describen en ASTM D3350.

Los valores de rigidez mínimos de placas paralelas cuando se prueban según ASTM D2412 son los siguientes:

Diámetro (nominal)	Rigidez de los tubos (mínima)	Diámetro (nominal)	Rigidez de los tubos (mínima)
100 mm (4")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	600 mm (24")	235 kN/m ² (34 lb/pulg ²)
150 mm (6")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	750 mm (30")	195 kN/m ² (28 lb/pulg ²)
200 mm (8")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	900 mm (36")	150 kN/m ² (22 lb/pulg ²)
250 mm (10")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	1050 mm (42")	140 kN/m ² (20 lb/pulg ²)
300 mm (12")	345 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	1200 mm (48")	125 kN/m ² (18 lb/pulg ²)
375 mm (15")	290 kN/m ² (42 lb/pulg ²)	1500 mm (60")	95 kN/m ² (14 lb/pulg ²)
450 mm (18")	275 kN/m ² (40 lb/pulg ²)		

Los accesorios no deben reducir o disminuir la integridad general o función de la tubería. Los accesorios pueden moldearse o fabricarse. Los accesorios corrugados comunes incluyen accesorios de juntas en serie, tales como acoplamientos y reductores, y ramales o accesorios de montaje complementarios tales como tes, bifurcaciones y cofias. Estos

Notas de productos

Nota de producto 3.107

Asunto: Especificación para tubos
corrugados de polietileno de
interior liso

Fecha: 17 de junio de 2002



Esta especificación se aplica a tubos corrugados de polietileno de alta densidad con una sección de paso de agua lisa conformada integralmente. Los diámetros nominales para los que es aceptable esta especificación varían de 100 a 1500 mm (4 a 60 pulg). Los diámetros de 100 – 1500 mm (4 – 60 pulg) deben ser AASHTO Tipo 'S' o Tipo 'D' de la forma siguiente. Los tamaños 100 – 1500 mm (4 – 60 pulg) designados como AASHTO Tipo 'S' (N-12) deben tener una sección transversal circular completa, con una pared exterior corrugada y una pared interior básicamente lisa (sección de paso de agua). Las corrugaciones de los tamaños del Tipo 'S' de 100 – 1500 mm (4 – 60 pulg) deben ser anulares (N-12). Los tamaños 1050 – 1500 mm (42 - 60 pulg) designados como AASHTO Tipo 'D' (N-12HC) deben consistir en una sección de paso de agua básicamente lisa reforzada circunferencialmente con nervaduras circulares que se forman simultáneamente con una pared exterior básicamente lisa. Los tamaños de 1050 – 1500 mm (42 - 60 pulg) (N-12HC) deben cumplir con AASHTO Tipo 'D' (que describe un tubo de pared doble con una sección de paso de agua lisa).

Los tubos fabricados para esta especificación deben cumplir con los requisitos para los métodos de prueba, dimensiones y marcas encontradas en las designaciones M252, M294 y MP7 de AASHTO. Los tubos y accesorios deben estar hechos de compuestos de polietileno virgen que cumplan con la edición actual correspondiente de las especificaciones de materiales de AASHTO para clasificación de células según se definen y describen en ASTM D3350.

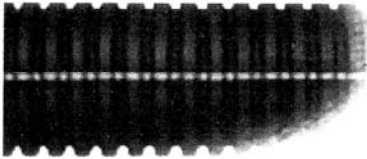
Los valores de rigidez mínimos de placas paralelas cuando se prueban según ASTM D2412 son los siguientes:

Diámetro (nominal)	Rigidez de los tubos (mínima)	Diámetro (nominal)	Rigidez de los tubos (mínima)
100 mm (4")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	600 mm (24")	235 kN/m ² (34 lb/pulg ²)
150 mm (6")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	750 mm (30")	195 kN/m ² (28 lb/pulg ²)
200 mm (8")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	900 mm (36")	150 kN/m ² (22 lb/pulg ²)
250 mm (10")	340 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	1050 mm (42")	140 kN/m ² (20 lb/pulg ²)
300 mm (12")	345 kN/m ² (50 lb/pulg ²)	1200 mm (48")	125 kN/m ² (18 lb/pulg ²)
375 mm (15")	290 kN/m ² (42 lb/pulg ²)	1500 mm (60")	95 kN/m ² (14 lb/pulg ²)
450 mm (18")	275 kN/m ² (40 lb/pulg ²)		

Los accesorios no deben reducir o disminuir la integridad general o función de la tubería. Los accesorios pueden moldearse o fabricarse. Los accesorios corrugados comunes incluyen accesorios de juntas en serie, tales como acoplamientos y reductores, y ramales o accesorios de montaje complementarios tales como tes, bifurcaciones y cofias. Estos

accesorios pueden instalarse por medio de varios métodos tales como encaje a presión, enchufe y cordón, campana – campana y envoltura alrededor de los acoplamientos. Los acoplamientos deben proporcionar una resistencia longitudinal suficiente para mantener el alineamiento de los tubos e impedir la separación en las juntas. Sólo se deben usar los accesorios suministrados o recomendados por el fabricante. Siempre que se designe en los planes o especificaciones de los proyectos, se debe suministrar una empaquetadura elastomérica que cumpla con los requisitos ASTM F477.

La instalación de los tubos especificados arriba debe realizarse según la Sección 30 de AASHTO o la práctica recomendada D2321 de ASTM según se describe en otro lugar en estas especificaciones y según lo recomienda el fabricante.



THE MOST REPUTABLE NAME IN DRAINAGE SYSTEMS



De: Ing. Leonidas Vallecillo.- Gte. Técnico - ADS Centroamérica LTDA de CV.
Para: Ing. Dario Tío – ELSAMEX.
Fecha: 30 de Noviembre de 2004.

Asunto: Principales bondades y ventajas de las tuberías de Polietileno marca ADS N-12 y ADS N-12 HC.

Estimado Ing. Galindo:

Para enumerar algunas de las principales ventajas y bondades de las tuberías ADS N-12 y ADS N-12 HC. Sobre otros materiales tradicionales que se usan para alcantarillados en flujos a gravedad, permitanme un breve comentario.

1. **RESISTENCIA ESTRUCTURAL.** : Las tuberías N-12 y N-12 HC. Soportan Cargas Vivas H-25 (40,000 Lbs/ Eje), con un relleno mínimo de 30 cms. (12") y E-80 con un relleno de 60 cms. (24") sobre la corona del tubo; características y condiciones de carga que el Tubo de Concreto por ser Rígido no soporta.
2. **EFICIENCIA HIDRÁULICA:** El interior liso de la tubería N-12 proporciona unas características de flujo superiores. Las pruebas y ensayos certificados de nuestras tuberías ADS N-12 muestran valores del coeficiente de fricción "n" de Manning, variando desde 0.009-012; lo cual nos permite tener mayores caudales y velocidades de diseño en secciones de tuberías más pequeñas que cualquiera de Concreto ("n"= 0.015), lo cual reduce los costos de terracería,, compactación y relleno, así como el tiempo de ejecución de los mismos.
3. **DURABILIDAD:** El material de Polietileno de Alta Densidad con el que están fabricadas nuestras tuberías ADS N-12 y ADS N-12 HC. Puede soportar fácilmente los impactos normales involucrados en el transporte y almacenamiento, no se raja ni se quiebra o fractura de forma frágil como sucede con las tuberías de concreto. El HDPE. (Polietileno de alta densidad) es altamente resistente al ataque químico y no es afectado por suelos o efluentes con rangos de Ph entre 1 y 14. Las tuberías de concreto tienen un rango del Ph bastante limitado (6-8). Las tuberías de HDPE muestran menos del 20% en pérdida de material que las tuberías de concreto en ambientes abrasivos.
4. **PESO LIVIANO:** Las tuberías ADS N-12 y ADS N-12 HC. Son hasta 30 veces más livianas que las tuberías de concreto haciendo mucho más fácil su transporte (acarreado muchísimos metros de tubería) y manejo. Se reducen los requerimientos de mano de obra y equipo pesado; los contratistas reportan un promedio en el rendimiento de las instalaciones de 400 Mts lineales por día en tuberías ADS N-12 de 15" hasta 24" y hasta 120 Mts en los diámetros mayores. Lo cual significa un ahorro considerable para el contratista.
5. **INSTALACIÓN RAPIDA:** Nuestras tuberías tienen 6.09 Mts de largo efectivo y las conexiones son Espiga – Campana por medio de un empaque de hule, que es sellado a los suelos finos para alcantarillados Pluviales y con sello al agua en alcantarillados Sanitarios o efluentes nocivos. Con cada conexión se obtienen inmediatamente 12 Mts. instalados. Tanto el rendimiento de instalación, como la hermeticidad de las conexiones son características muy importantes que nuestras tuberías ADS N-12 y N-12 HC Tienen y definitivamente el concreto no tiene.

Espero que estos breves comentarios puedan mostrar algunas de las bondades y características de nuestras tuberías ADS N-12 Y ADS N-12 HC.

Atentamente.

Ing. Leonidas Vallecillo.
Gerente Técnico ADSCA.