

Revista

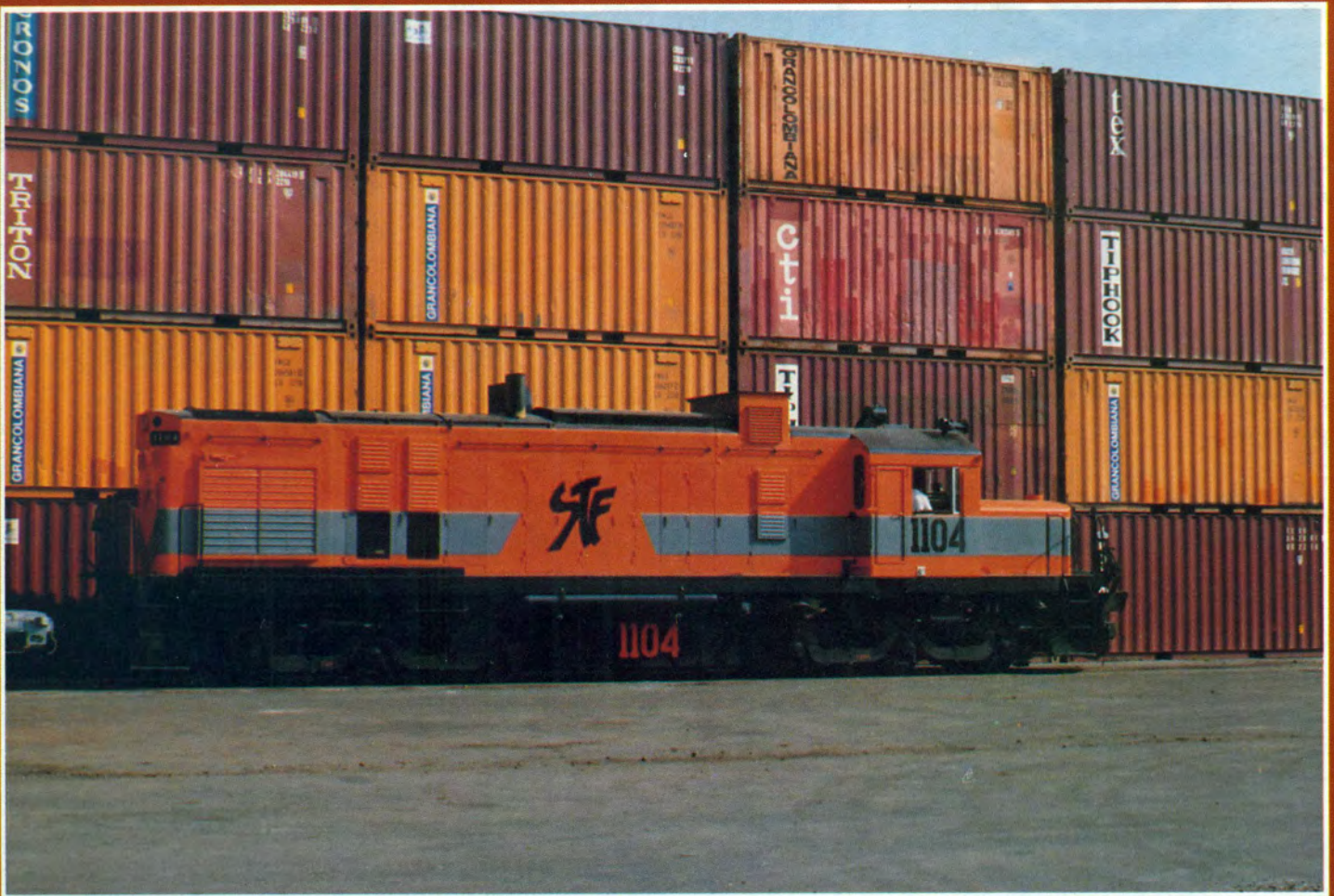
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Año 4

No. 11

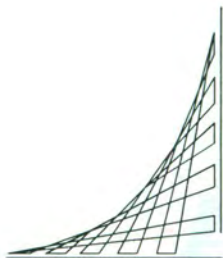
Vol. 4

Abril- Junio de 1993



■ TRAVIESAS DE
EUCALIPTO PARA
FERROCARRIL

■ LA RED VIAL
DEL G-3



REVISTA
ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERIA

AÑO 4 No. 11 VOL.4 - ABRIL- JUNIO - 1993

Licencia Mingobierno No. 1595 del 6 de mayo de 1991
ISSN 01121-5132

SUMARIO

- 2 EDITORIAL-
TRES AÑOS DE LA REVISTA
Dr. GERMAN SANTOS GRANADOS.
- 4 ACTUALIDAD.
LA RED VIAL DEL G-3
Dr. EDUARDO LORA TORRES
- 6 MATERIALES.
ASPECTOS GEOTECNICOS DEL DISEÑO DE MUROS DE SUELO REFORZADO CON GEOSINTETICOS
Dr. MANUEL DELGADO VARGAS.
- 12 INVESTIGACION
ESTUDIO DE TRAVIESAS DE EUCALIPTO PARA FERRO-CARRIL
Dr. FRANCISCO SALAZAR FERRO
- 17 ADMINISTRACION.
UN MODELO DEL TRABAJO EMPRESARIAL
Dr. JORGE E. TARAZONA
- 25 ADMINISTRACION.
LAS TENDENCIAS EN LA ADMINISTRACION
Dr. DANIEL MARTINEZ VILLALBA
- 28 ECOLOGIA.
IMPACTO DE LOS DERRAMES DE PETROLEO EN COLOMBIA
Dr. GERARDO VIÑA VIZCAINO
- 33 DISCURSO.
CEREMONIA DE GRAUACION
Dr. MANUEL GARCIA LOPEZ
- 35 NOTICIAS.

DIRECTOR

GERMAN SANTOS GRANADOS

CONSEJO EDITORIAL

MAT. CARLOTA LOPEZ ARANGO
ING. MYRIAM A. ANGARITA GOMEZ
ING. MARIA DEL ROSARIO MONTEJO
ING. GERMAN ACERO RIVEROS
ING. RAMIRO CABAL SANCLEMENTE
ING. ALVARO GONZALEZ FLETCHER
ING. ROBERTO RIOS MARTINEZ

EDITORA

ING. BLANCA VILLAMIL DE ALVAREZ

CIRCULACION

ECO. LUISA FERNANDA QUINTANA

ASESOR ESPECIAL

ING. HERNANDO ALVAREZ RINCON

DIRECCION COMERCIAL, DISEÑO
Y DIAGRAMACION

ALVILL & CIA. LTDA.

Transversal 6 # 51 A 43

Tel: 232 33 18

Santafé de Bogotá, D.C., Colombia

Calle 7 A sur # 35-55: OF: 702

Tel: 268 91 03

Medellin, Colombia.

LA ESCUELA Y LA REVISTA NO SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS Y CONCEPTOS EMITIDOS POR LOS AUTORES DE LOS DIFERENTES TRABAJOS PUBLICADOS. SE AUTORIZA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE LOS ARTICULOS DE LA REVISTA CINTANDO LA FUENTE Y EL AUTOR.

CONSEJO DIRECTIVO DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

PRESIDENTE

ING. IGNACIO UMAÑA DE BRIGARD

VOCALES

ING. LUIS GUILLERMO AYCARDI BARRERO

ING. JORGE EDUARDO ESTRADA VILLEGAS

ING. MANUEL GARCIA LOPEZ

ING. ALVARO GONZALEZ FLETCHER

ING. ALBERTO MONTAÑES PEÑA

ING. ARMANDO PALOMINO INFANTE

ING. RICARDO QUINTANA SIGHINOLFI

ING. ARTURO RAMIREZ MONTUFAR

ING. JAIRO ROMERO ROJAS

ING. RICARDO SALAZAR FERRO

RECTOR

ING. EDUARDO SILVA SANCHEZ

SECRETARIO

ING. ALBERTO SALAMANCA PINZON

Km. 13 Autopista Norte. Tel: 676 00 77

Fax (571) 676 04 79. A.Aéreo 14520

Santafé de Bogotá D.C., Colombia.



TRES AÑOS DE LA REVISTA

Por: GERMAN SANTOS GRANADOS

H

ace ya tres años plasmamos el anhelo, expresado repetidamente desde un principio de la fundación de la ESCUELA, de tener un medio de comunicación y divulgación, que difundiera los avances de las investigaciones de los profesores, discutiera aspectos técnicos de nuestra profesión y que informara eventos académicos y culturales en nuestra institución. Esta ambición

se materializó con la aparición de la REVISTA, en la cual su Consejo Editorial se propuso brindar oportunidad de expresar sus opiniones, sus experiencias, sus conocimientos, sus deseos, sus realizaciones, a los fundadores, a los profesores, a los alumnos y a todos los amigos de nuestra institución.

Repasando de nuevo los diez números que ya circularon, y revisando las últimas correcciones del presente número, aparece recurrentemente en mi mente, la imagen de Alejandro Sandino recalando la importancia de tener un BOLETIN TECNICO donde pudiera darse a conocer todo ese inmenso caudal de ideas innovadoras, diseños de aparatos, nuevas tecnologías, etc. que surgen espontáneamente en las universidades. Esta visión fue la que originalmente nos guió para la creación de la REVISTA y registro con satisfacción que, en parte, su deseo se haya hecho realidad, puesto que en ella se han publicado algunos resultados de investigaciones hechas en los laboratorios de la ESCUELA y profesores de la institución han difundido sus conocimientos en temas tan diversos como Materiales, Ingeniería Ambiental, Fluidos, Transporte, Centrales Hidroeléctricas, Informática, Administración, Matemáticas, etc.

Miembros del Consejo Directivo y de la Junta Asesora han escrito editoriales con significativos conceptos relativos a la marcha de nuestra institución, su filosofía, sus orígenes, sus ideales; a los conflictos que

muy frecuentemente tendrá el futuro ingeniero en el ejercicio de su saber en el mundo actual.

Las páginas de la REVISTA se han abierto para discutir temas de actualidad. Amigos de la ESCUELA de tanta prestancia a nivel nacional como el entonces Ministro Juan Felipe Gaviria, el Presidente de Sociedad Colombiana de Ingenieros Germán Silva Fajardo y el Director de Fedesarrollo Eduardo Lora Torres han colaborado con su visión de problemas que agobian nuestro país.

La REVISTA ha sido testigo presencial del desarrollo de la ESCUELA en los últimos años. Por ejemplo, se reseñó la contribución hecha por Ingeniería XXI, en la educación profesional y en la profundización de diferentes áreas de la Ingeniería. De dicho programa hemos publicado apartes del Primer encuentro de Ingenieros de Suelos y Estructuras, de los cursos de Hidráulica e Hidrología dentro del convenio de cooperación académica con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona y del Seminario Taller sobre los Geosintéticos en la Ingeniería, entre otros.

Estos tres años de nuestra publicación nos dejan grandes satisfacciones así como el reto de seguir mejorándola para que ella refleje aún más los avances de nuestra profesión, registre la actividad académica de la ESCUELA, sea motor en la discusión y divulgación de temas de actualidad relacionados con nuestro gremio.

Finalmente, quiero resaltar la labor del CONSEJO EDITORIAL cuyo esfuerzo desinteresado no siempre ha sido reconocido adecuadamente, por otro lado agradecer la gran colaboración prestada por los editores, el apoyo económico de los anunciantes y la contribución de los autores con los artículos técnicos. La reunión de todo este equipo ha sido primordial para llevar a feliz término estas once revistas. □



LA RED VIAL DEL G-3

Por: **Eduardo Lora Torres**

Economista, Universidad Nacional de Colombia, London School of Economics. Director Ejecutivo Fedesarrollo. Editor de Coyuntura Económica, Revista Fedesarrollo.



Los empresarios colombianos han demostrado su capacidad para enfrentar el reto de la apertura. Una gran cantidad de industrias han dirigido sus esfuerzos a mejorar la eficiencia productiva para competir mejor con los productos importados y mejorar su capacidad exportadora.

La mayoría de los industriales tiene confianza en que, gracias a estos esfuerzos, va a sacarle provecho a la apertura. Por eso, aprueba las iniciativas de liberación comercial, especialmente con Venezuela y México, sin desconocer que algunos sectores sensibles requieren de tratamientos preferenciales.

Pero el beneficio que produzcan estos acuerdos comerciales dependerá sólo en parte de la capacidad y productividad de los industriales. Entre las responsabilidades que debe asumir el gobierno se encuentra, en primer lugar, la de proveer una red de vías que haga competitivos los costos de transporte en Colombia en comparación con México o Venezuela.

Los altos costos de transporte impiden aprovechar las ventajas productivas del país porque encarecen la integración de productos provenientes de diferentes regiones.

Los altos costos de transporte limitan también la adopción de tecnologías productivas de gran escala, porque implican una seg-

la colombiana. En relación con Venezuela, la densidad de carreteras colombianas es un 10% superior, de forma que a primera vista no hay desventaja.

LA RED VIAL DEL G-3

	Colombia	México	Venezuela
Red de Carreteras (Km.)	107.000	242.294	77.500
pavimentadas de 4 carriles	40	7.220	1.100
pavimentadas de 2 carriles	12.760	79.887	25.198
No pavimentadas	94.200	155.187	51.202
Red Ferroviaria (Km.)	1.650	26.357	468

mentación de los mercados domésticos.

Cuando se trata de competir internacionalmente, el transporte es un factor decisivo, no sólo por razones de costos, especialmente cuando los centros productivos están lejos de los puertos, sino también por razones de oportunidad y confiabilidad en la entrega de los productos.

Las estadísticas del cuadro muestran la debilidad colombiana frente a sus socios del G-3 en materia de vías. La red de carreteras en Colombia alcanza unos 107.000 kilómetros, menos de la mitad que la de México, que supera los 242.000 kilómetros. Aun si se tiene en cuenta que México tiene 72% más territorio, la densidad de carreteras supera en más de 30%

Sin embargo, más que la cantidad, el aspecto crítico es el tipo y calidad de vías que tiene Colombia en comparación con sus socios. En Colombia hay tan solo 40 kilómetros de carreteras pavimentadas de 4 o más carriles, que mal pueden llamarse autopistas, dadas su pobres especificaciones y su falta de aislamiento con las vías y construcciones aledañas.

En contraste, México cuenta con 7.220 kilómetros de verdaderas autopistas. Esta cifra no incluye la mayor parte de los 5.000 Kilómetros de autopistas que alcanzará construir la actual administración de Salinas de Gortari. Por su parte, Venezuela, con cifras mas modestas, tiene sin embargo una red de autopistas 27 veces mayor que la colombiana.



Las comparaciones de carreteras pavimentadas de 2 carriles son igualmente desfavorables para Colombia: la densidad de este tipo de carreteras en México es 3.6 veces la colombiana, y en Venezuela 2.5 veces.

México cuenta además con un sistema ferroviario en el cual no caben las comparaciones con Colombia. La inoperante red de 1.650 kilómetros de ferrocarriles que tiene Colombia poco tiene que ver con los 26.357 kilómetros de red férrea que en México sirve

con relativa eficiencia al transporte de carga y pasajeros.

Los beneficios que puedan obtenerse de la integración comercial con México y Venezuela dependerán de la velocidad con que el gobierno colombiano logre cerrar estas diferencias. Pero las metas que se ha propuesto son realmente muy modestas, y es posible más bien que las diferencias tiendan a acentuarse.

En efecto, el Plan Vial de la Apertura definió para el período 1991-2000

el objetivo de terminar tan solo 830 kilómetros de carreteras principales y rehabilitar 4.750 kilómetros de la red troncal. En el año 2000 no tendremos aún una sola autopista que merezca ese nombre. Las inversiones previstas para la red troncal de carreteras para toda la década son apenas US\$2.230 millones, que no llegan siquiera a la inversión que hace México en un solo año. Y eso suponiendo que en Colombia se cumplieran los programas de inversión pública...□

CONSIDERACIONES SOBRE PROCESO DOCENTE

Por: LUIS JORGE AGUDELO

"EL QUE MUCHO ABARCA POCO APRIETA"

DICHO POPULAR

- Presentar y explicar en forma sencilla los conceptos y fenómenos, tomándose el tiempo necesario para que el estudiante los capte y comprenda de la manera más completa posible.
- Complementar lo anterior con la ejecución de ejercicios y problemas sencillos de aplicación real.
- Evitar esfuerzos y gastos de tiempo inútiles en tópicos inmediatamente innecesarios y en problemas complicados pero irreales por presumir el Profesor de muy sabio y eficiente. El estudiante requiere tiempo para asimilar y grabar los conceptos.
- Más vale un aprendizaje intensivo de pocos tópicos, los fundamentales, que uno extensivo pero muy superficial.
- De la anterior manera el Estudiante queda con la capacidad suficiente para ampliar sus conocimientos y entrar a resolver problemas de mayor complejidad con el auxilio de la literatura técnica y científica existente en libros, revistas y catálogos que él podrá consultar cuando lo desee o cuando lo considere necesario.
- La matemática es herramienta indispensable en la Ingeniería para el manejo de los fenómenos físicos, pero a veces hay la tendencia a darle más importancia a la etapa de cálculos y desarrollo matemáticos excesivos con detrimento de otros aspectos para cada caso eventualmente más importantes.□

ASPECTOS GEOTECNICOS DEL DISEÑO DE MUROS DE SUELO REFORZADO CON GEOSINTETICOS.

Ing. Manuel Delgado Vargas.

Ingeniero Civil, M.I.C. Escuela Colombiana de Ingeniería. Consultoría Colombiana S.A.



SIGNIFICADO DE LOS GEOSINTETICOS.

Los siguientes aspectos introductorios y de ubicación del tema, se han tomado del informe y

guía general de las Memorias del Simposio sobre Geosintéticos para Mejoramiento del Suelo, promovido por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles en 1988.

Es muy expresivo de la evolución de los geosintéticos en la década de los 80, que el contenido del Simposio 1980 de la mencionada Sociedad sobre **USO DE LOS GEOTEXILES PARA MEJORAMIENTO DEL SUELO**, haya sido extendido, para su versión 1988, a **GEOSINTETICOS PARA MEJORAMIENTO DEL SUELO**. El Simposio 88, amplía su alcance al cubrir los geosintéticos, término más genérico que incluye geotextiles, geomallas, geomembranas, geoparrillas, geocompuestos, y otros materiales similares usados por los ingenieros civiles para mejorar o modificar el comportamiento de los suelos. Esta tendencia se ha consolidado en las más recientes conferencias, simposios y otros eventos sobre el tema.

En el uso del término "geosintéticos" es pertinente distinguir las acepciones ligadas a la industria, los materiales y la disciplina. Su significado como industria se refiere a toda la gente, facilidades, equipo, materiales, conocimiento, aplicaciones y economía, involucrados con los

geosintéticos. Incluye a fabricantes, distribuidores, ingenieros, científicos, investigadores y usuarios finales de los geosintéticos. Los materiales geosintéticos, mejor conocidos simplemente como "geosintéticos", son los productos finales listos para su uso. La "disciplina geosintéticos" se refiere a aquel cuerpo de conocimiento técnico que ha sido desarrollado para hacer posible el diseñar con geosintéticos, usando métodos racionales ingenieriles de diseño. Compete a los científicos e ingenieros responsables del desarrollo de la teoría y conocimiento de los geosintéticos así como del diseño práctico y aplicaciones.

Desde un punto de vista técnico la evolución desde 1980 se ha distinguido por el desarrollo (y hasta cierto grado, la codificación) de métodos cuantitativos ingenieriles de diseño aplicables a estructuras y sistemas con geosintéticos. Son herramientas analíticas de ingeniería que permiten que el geosintético sea aceptado como un legítimo material geotécnico. Posiblemente muchas de las incertidumbres y desconfianza que subsisten, se deben a que los métodos cuantitativos no han sido suficientemente promulgados en la práctica y disciplinas ingenieriles. Aparejado a esta tendencia, uno de los cambios notables que se reflejan en el Simposio 88 respecto al 80, es la aceptación creciente de muros, taludes y terraplenes sobre suelos blandos, reforzados con geosintéticos.

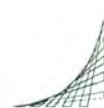
La tecnología de los geosintéticos ha evolucionado para ofrecer geotextiles tejidos con muy altas resistencias

a la tensión, y se ha especializado en el diseño de productos orientados al refuerzo con las geomallas, en las que una estructura abierta mejora las condiciones de interacción en las interfaces con el suelo, mediante un mecanismo de trabazón y movilización local de resistencias pasivas. Además, sus elevados módulos a tensión a bajas deformaciones, le dan la opción al ingeniero geotecnista de diseñar con refuerzos de geosintéticos, deformaciones compatibles con las deformaciones esperadas en el suelo.

SUELO REFORZADO.

En la función de refuerzo, una de las más vitales, el propósito del geosintético es aportar capacidad tensional al suelo, de manera muy similar a como el acero de refuerzo se usa con el concreto. La combinación de suelo, competente a la compresión, con geosintético, provisto de adecuadas características tensionales, dá como resultado el *suelo reforzado*, que conforma un nuevo material compuesto, cuyas especiales y propias características, técnicas y económicas permiten entender su creciente aceptación en la ingeniería, mencionada atrás.

Un conjunto de capas de refuerzo de geosintético, al quedar embebido en un relleno friccionante compactado, le confiere la necesaria "**COHESION**" para que el bloque reforzado pueda tener dimensiones económicas y a la vez ser estable bajo la acción de las cargas. Se configura así, un tipo de estructura reforzada que puede dise-



ñarse y analizarse con base en métodos racionales y probados, lo que la convierte en una alternativa atractiva entre los medios de contención que ofrece la actual tecnología. Además, por sus especiales características de flexibilidad y adaptabilidad constructiva, resulta muchas veces la solución más adecuada en variadas situaciones de los proyectos en la ingeniería.

Por razones de espacio no se comentan aquí otras trascendentales funciones ingenieriles de los geosintéticos, como son las de separación, amortiguación, filtración, transmisión y aislamiento; cada una con interés suficiente para justificar varios artículos técnicos y de divulgación. Dan lugar a un amplísimo ámbito de técnicas y valiosas experiencias en las ingenierías vial, de oleoductos, energética, sanitaria y ambiental. Conviene destacar la importancia de conocer el desarrollo y experiencias en Colombia de los variados usos de los geosintéticos en muros, taludes, terraplenes, pavimentos, drenajes, impermeabilización de depósitos de líquidos, revegetación y protección de taludes y laderas, y otras.

PRINCIPIOS GENERALES DEL SUELO REFORZADO

Un muro de suelo reforzado consiste esencialmente en un relleno friccionante compactado en capas que se refuerzan con capas horizontales de geosintético, usualmente geotextiles y geomallas, colocadas a intervalos verticales y horizontales, determinados en el diseño. Para garantizar su adecuado comportamiento respecto a: estabilidad, durabilidad y constructibilidad; se involucran en el diseño diversos posibles elementos de revestimiento de la cara, y un sistema confiable de protección y drenaje.

Como resultado del movimiento del suelo hacia la cara del muro, bajo la acción de las fuerzas gravitatorias y cargas externas, se desarrollan esfuerzos de tensión en los elementos de refuerzo, por transmisión de esfuerzos de corte en las interfases refuerzo-suelo. El efecto es incrementar la resistencia global de la masa de suelo

reforzado, y por consiguiente mejorar la estabilidad de la misma.

En la Figura 1, se muestra un símil intuitivo didáctico, no teóricamente estricto, entre la incidencia de la cohesión del suelo sobre los empujes laterales y la función de los geosintéticos en un muro de suelo reforzado. Los empujes de tierra sobre el esquema de muro convencional de contención, dependen de la componente cohesiva de la resistencia al corte del relleno contenido. Si la cohesión es nula, los empujes corresponden a una distribución triangular de presiones activas de Rankine, cuya resultante es P_a .

Si la componente cohesiva tiene el valor adecuado, la suma de tensiones positivas, por la fricción y peso, y negativas, por la cohesión, podrían generar un diagrama de área efectiva nula, con una resultante, P_a , igual a cero. Parte de este efecto ideal puede perderse por la generación de grietas en el suelo. Al menos temporalmente, podría no ser necesario el elemento de contención.

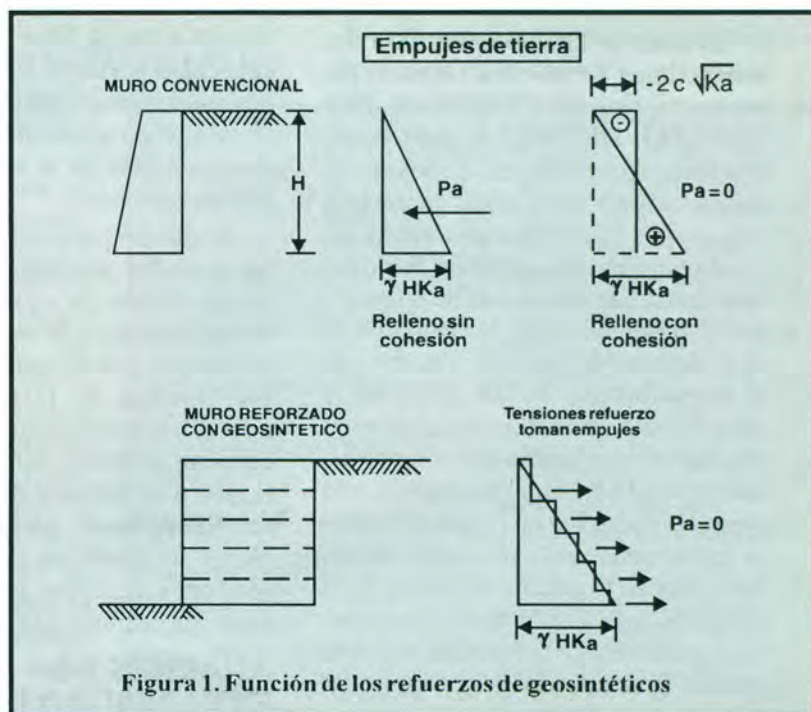
En un muro reforzado, representado esquemáticamente por un bloque prismático de suelo reforzado con varias capas de refuerzo de geosintético, el diagrama triangular de empujes del relleno sin cohesión, puede ser asumido en forma escalonada por las resistencias tensionales desarrolladas por las capas de refuerzo. En este caso también puede llegarse a una resultante, P_a , de empujes nula. No debe perderse de vista que es necesario que se desarrolle sufi-

ciente fricción en las interfases suelo-refuerzo para que este efecto tenga lugar. También es necesario que los refuerzos queden anclados en una longitud suficiente dentro de una zona resistente del relleno, como se indicará más adelante.

COMPORTAMIENTO Y MECANISMO DE LOS MUROS DE SUELO REFORZADO

Del estudio de modelos y mediciones en obras construidas, se ha deducido que la fuerza de tensión en los elementos de refuerzo varía notablemente. Generalmente, tiene un valor bajo (posiblemente cero) en la unidad de revestimiento al frente del muro, alcanza un valor máximo a una distancia corta de dicho revestimiento y tiende a cero en el extremo no ligado del refuerzo, similar a como lo muestra la figura 2.

Como se puede apreciar en dicha figura, para una disposición dada de cargas, al unir las posiciones del máximo en cada una de las diferentes capas de refuerzo, se define una línea de máxima fuerza de tensión, que se extiende desde el revestimiento en la base del muro hasta cortar la superfi-



cie, en la corona del muro, a una cierta distancia atrás de su cara. Generalmente, la línea de máxima fuerza de tensión define dos zonas en una masa de suelo reforzado:

- En una "zona **ACTIVA**", el suelo tiende a deslizar y salir por delante del muro, generando tensiones dirigidas hacia la cara, que tratan de extraer los elementos de refuerzo.
- En "zona **RESISTENTE**", se

corte transversal de una superficie plana de falla de Rankine.

De acuerdo con este mecanismo activo-resistente, la fuerza de tensión en el refuerzo tiende a producir falla en una de dos maneras:

- Falla de tensión, por rotura del elemento de refuerzo.
- Falla por insuficiente movilización de esfuerzos de corte relleno-refuerzo, para anclar el refuerzo en la zona resistente del relleno.

CONCEPTOS GENERALES DE DISEÑO

El principio esencial del diseño es garantizar el desarrollo de fricción entre los elementos de refuerzo y el relleno, así como de esfuerzos en el sistema relleno-refuerzo, de la magnitud conveniente para que no se presenten: deslizamiento, falla del refuerzo, desplazamiento excesivo o inestabilidad de la estructura.

Fases del diseño

El diseño de una estructura de tierra reforzada se acostumbra dividir en dos fases: estabilidad externa o global y estabilidad o diseño internos.

El diseño para estabilidad externa comprueba la seguridad respecto a tres modos clásicos de falla: deslizamiento sobre la base, volcamiento y capacidad portante. Estas verificaciones se adelantan siguiendo los mismos lineamientos aplicables a otros tipos de estructuras (p. e. muros de gravedad de concreto).

El diseño para estabilidad interna se realiza generalmente por medio de un método de equilibrio local, en donde cada capa de refuerzo se verifica independientemente. Los dos posibles modos de fallar, rotura del refuerzo e insuficiente adherencia, se consideran ambos, para comprobar los respectivos factores de seguridad. Es frecuente, hacer además comprobaciones de tensiones estabilizantes de conjuntos de capas de refuerzo, por métodos de cuñas ancladas.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

Seguridad respecto a rotura del refuerzo. A cualquier nivel, el valor de T_{max} , máxima fuerza de tracción en la capa de refuerzo, se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T_{max} = K(\sigma_v)(V_i) \text{ (por unidad de longitud de cara)}$$

El esfuerzo vertical, (σ_v) , se calcula considerando el equilibrio de la masa de suelo reforzado localizado por encima del nivel en cuestión y sometida a la presión del relleno no clasificado colocado detrás del muro. Se utiliza la distribución de presiones de Meyerhof, ver Figura 3, para evaluar un valor promedio de (σ_v) alrededor del punto de máxima tensión. El coeficiente K es similar al coeficiente de presión lateral de tierras. (V_i) es una parte de la altura del muro cuyos empujes horizontales, se puede decir, son tomados por una capa de refuerzo. Si se define un factor de seguridad respecto a la rotura del refuerzo, FS_r , en condiciones de seguridad se debe verificar:

$$T_{ma} < = \frac{R_t}{FS_r}$$

donde, R_t es la resistencia a la tensión del refuerzo.

Seguridad contra insuficiente de adherencia. La resistencia de un elemento de refuerzo a su extracción de la zona resistente del relleno, como en la Figura 2, en donde se considera anclada, depende de la fricción aparente desarrollada en la interfase relleno-refuerzo, bajo los esfuerzos verticales vigentes. La resistencia total puede concebirse como la integral de esfuerzos de fricción sobre la superficie de interfase, según la fórmula:

$$R_f = \int_d^L 2b \mu^* \sigma_v dx$$

donde: d = distancia de línea de máxima tensión a la cara del muro.

L = longitud capa refuerzo. b = ancho representativo del refuerzo. σ_v = esfuerzo vertical. (μ^*) = coeficiente aparente de fricción.



Figura 2. Mecanismo del suelo reforzado

movilizan esfuerzos de corte para anclar los refuerzos y evitar su extracción del bloque reforzado.

La línea de lindero entre estas dos zonas, (línea de máxima tensión) representa una **SUPERFICIE POTENCIAL DE FALLA** para la estructura. Su posición depende de varios factores tales como geometría, cargas aplicadas, y efectos dinámicos. Puede también depender de la extensibilidad de los elementos de refuerzo. Se ha observado que la forma de la línea de máxima tensión, depende de la extensibilidad de los refuerzos y otros factores. Para refuerzos cuasi-inextensibles como bandas de acero y ciertas geomallas, se aproxima a una espiral logarítmica que corta de manera aproximadamente normal la superficie libre en la corona del muro. Con refuerzos más extensibles como muchos geotextiles, la línea de máxima tensión tiende hacia la forma de un



En muchos métodos corrientes de diseño, se reemplaza la integral por una sumatoria, introduciendo los coeficientes necesarios de ajuste.

Si se define un factor de seguridad respecto a falla por insuficiente adherencia, FS_a , se debe verificar:

$$T_{max} < = R_f / FS_a$$

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EXTERNA

El conjunto de capas de refuerzo de geosintético y el revestimiento de la cara, confieren a los muros de contención de suelo reforzado, confinamiento y alguna rigidez relativa que les permite resistir solicitaciones deformantes. Además, para garantizar su estabilidad al conjunto de cargas externas, el bloque de suelo reforzado debe ser auto-estable. El análisis y diseño de estabilidad interna y externa debe estar, en consecuencia, orientado a que el muro reforzado satisfaga los anteriores requisitos.

Para estabilidad externa, en forma aproximada se concibe corrientemente que el muro reforzado se puede asimilar a un muro convencional de gravedad, y es posible aplicar los mismos criterios de diseño. Los cuatro modos externos de fallar que usualmente se consideran son: (i) deslizamiento; (ii) volcamiento; (iii) capacidad portante; y (iv) fallas de estabilidad global o total.

Los análisis de estabilidad externa aseguran que la estructura es estable respecto a la acción de los empujes laterales ejercidos por un conjunto de solicitaciones externas, ver figura 3, caracterizados por sus correspondientes diagramas de distribuciones de esfuerzos horizontales. Las presiones verticales dentro y en la base de la masa de suelo reforzado son producidas por la presión de sobrecapa, sobrecargas y momento de volcamiento ocasionados por los empujes laterales. En el cálculo de estas presiones se supone una distribución de presiones similar a la propuesta por Meyerhof, ver figura 3, para cimientos cargados

excéntricamente. Conviene notar que este concepto también es aplicable al análisis de estabilidad interna, y permite determinar el espaciamiento de las capas de refuerzo a diversos niveles dentro del muro.

En el análisis de estabilidad externa, se determina una longitud embebida, L , de los geosintéticos de refuerzo. Esta longitud embebida debe cumplir con las exigencias impuestas por los diferentes modos de fallar.

ORIENTACIONES PARA LA SELECCION DE METODOS DE DISEÑO

En el análisis de estabilidad interna, resulta siempre necesario evaluar esfuerzos verticales y horizontales, función de la disposición y características mecánicas de la masa reforzada, en los niveles requeridos del muro. Este cometido aparentemente simple y directo, conduce, al particularizarse el problema, a adoptar decisiones respecto a enfoques, criterios y métodos disponibles en la Ingeniería Geotécnica actual. Las opciones son numerosas y han dado lugar a varios métodos particulares, con diferencias entre ellos, a veces significativas, dependientes de los criterios y preferencias de los ingenieros e investigadores, así como de las necesidades de los proyectos y de las variadas características de los geosintéticos disponibles para refuerzo de suelos.

La literatura sobre el tema, disponible en la actualidad, es extensa y variada respecto al alcance y rigor técnico. Permite consultar numerosos métodos, generales y particulares, con diferencias entre ellos a veces de consideración. Aún dentro de métodos básicamente similares, es frecuente encontrar diferencias de enfo-

que y criterios de diseño.

Un criterio para juzgar la aplicabilidad de los diferentes métodos, respecto a su uso alternativo o combinado en un problema específico, es el considerar la fundamentación conceptual de los métodos, relativa a aspectos principales como los siguientes:

- Enfoque o teoría geotécnica básica utilizada.
- Forma de caracterizar y seleccionar los parámetros de diseño del refuerzo del geosintético y del material térreo de relleno.
- Definición de los factores de seguridad y coeficientes de ajuste de los parámetros y variables.
- Forma de usar los resultados de los análisis para definir la disposición y geometría final de la estructura de suelo reforzado.

MÉTODOS PARTICULARES.

Conviene destacar que los métodos disponibles en libros, manuales, artículos y guías de diseño, se diferencian notablemente en los aspectos señalados; y que con frecuencia tienen el carácter de métodos particulares de diseño. Hay que tener cuidado en la aplicación de fórmulas que vienen en algunos de estos métodos, puesto que

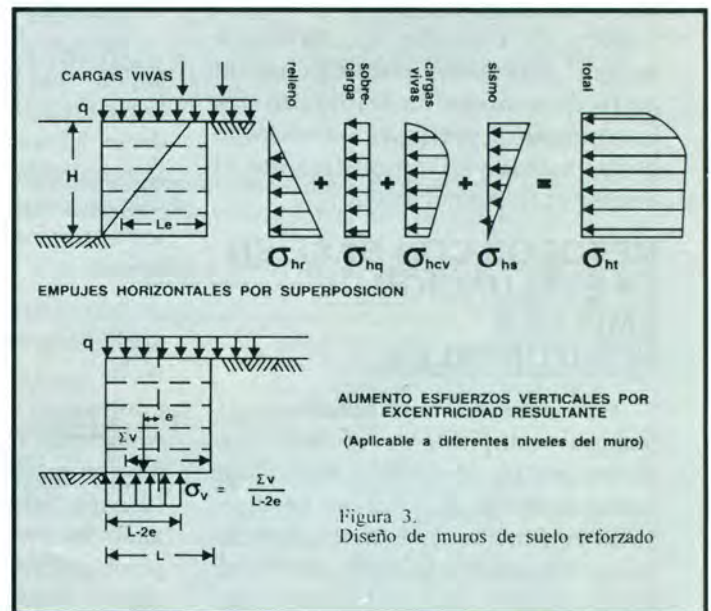


Figura 3. Diseño de muros de suelo reforzado



por lo general solo son válidas para ciertas hipótesis, condiciones y criterios particulares, con base en los cuales fueron deducidas.

Es típico que las guías de diseño sean útiles para la primera fase de los diseños, o sea, la obtención de dimensiones preliminares, que definen un esquema de la estructura, a la cual se aplican métodos más específicos de análisis, orientados a verificar esfuerzos y factores de seguridad. Para el diseño final es frecuente que sea necesario realizar análisis más concienzudos con base en el criterio y la experiencia del diseñador y la consideración de los aspectos constructivos, funcionales y económicos.

ENFOQUES BASICOS DE LOS METODOS

Hay dos enfoques principales para verificar la estabilidad interna:

(i) Análisis que considera la estabilidad local de elementos individuales de refuerzo.

(ii) Análisis que involucra la estabilidad total de bloques de suelo integrantes del muro.

Ninguna de estas suposiciones describe bien las condiciones operativas reales dentro de una estructura típica y las opiniones parecen divididas respecto a cual es el mejor enfoque. El método (i) tiene la ventaja de ser de uso rápido y facilita la generación de métodos manuales de cálculo. La práctica general parece ser la de diseñar un muro de contención reforzado por este método y verificar el resultado por el método (ii), modificando el diseño si fuere necesario.

METODOS CON BASE EN LA EVALUACION DE EMPUJES HORIZONTALES.

Los esfuerzos horizontales se obtienen al multiplicar los esfuerzos verticales por un coeficiente de empuje lateral de tierras, K , valor que se selecciona en función de la extensibilidad de los refuerzos y la altura del muro. Tales esfuerzos horizontales se intro-

ducen en las ecuaciones pertinentes de estabilidad local.

Las soluciones corrientes del método aplican el principio de superposición, ver figura 3, similar al usado en la teoría elástica, resultando dos alternativas: En la primera se concibe el esfuerzo vertical total como la suma (superposición) de esfuerzos verticales generados por las diversas cargas. El esfuerzo horizontal es, entonces, el producto de la suma de esfuerzos verticales por un valor de K , asumido. También se puede usar una segunda solución en la que la suma de esfuerzos verticales por peso propio y sobrecargas permanentes se multiplica por un K , y a este valor se adicionan los valores de empujes horizontales por carga vivas evaluados por medio de la teoría elástica (soluciones de Boussinesq).

Schloesser llama la atención sobre el hecho de que cuando el efecto de las cargas verticales superpuesta alcanza cierto valor, se puede considerar que el muro reforzado desempeña dos funciones: (a) contención de fuerzas laterales, (b) soporte de cargas verticales. En estos casos los esfuerzos horizontales pueden ser superiores a los que suministra una teoría convencional de empuje de tierras.

ANALISIS CON BASE EN LA ESTABILIDAD DE CUÑAS ANCLADAS.

El método de estabilidad de cuñas supone que la zona activa consiste en una cuña de falla que tiende a desprenderse del resto del muro, mientras que la zona resistente, "ancla" la zona activa en su posición original al sujetar los extremos de los elementos de refuerzo.

Los métodos con base en cuñas ancladas utilizan los métodos corrientes de equilibrio límite de la ingeniería geotécnica, pero introduce en las ecuaciones el efecto de las fuerzas de tensión estabilizadoras aportadas por las capas reforzadoras de geosintético, ancladas en la zona resistente. Son posibles diversas maneras de involucrar las fuerzas de tensión, aportadas

por las capas de refuerzo, en ecuaciones de equilibrio de fuerzas y de momentos:

(a) Se resuelve el problema de equilibrio límite de la cuña, con el criterio de maximización de la resultante de empujes, independientemente de la incidencia de las fuerzas de tensión de las capas de refuerzo. Se obtiene una fuerza resultante de empujes que debe ser equilibrada por las fuerzas de tensión en las capas, cuya distribución resulta relativamente arbitraria.

b) Se definen previamente valores admisibles de las fuerzas de tensión aportadas por las capas de refuerzo, las cuales se involucran como fuerzas estabilizadoras en el equilibrio límite de las cuñas ancladas. Se plantean ecuaciones de sumas de fuerzas y momentos, con criterios de búsqueda de factores de seguridad mínimos.

METODOS COMBINADOS DE ANALISIS.

Ni el enfoque de análisis de empujes laterales ni el de cuñas ancladas, usados en forma exclusiva, satisface las necesidades del análisis y diseño de muros o taludes reforzados con geosintéticos. Los resultados del análisis de empujes para estabilidad interna, con frecuencia se revisan con un método de análisis de cuñas ancladas. En el análisis de cuñas la determinación de las fuerzas de tensión aportadas por las capas de refuerzo, implica una cierta forma de análisis de esfuerzos.

Dependiendo de las condiciones del problema, uno u otro de los enfoques, provee mayor flexibilidad para involucrar complejidades en el sistema de cargas o geométricas. De hecho se han propuesto varias metodologías particulares que usan métodos combinados de análisis en el sentido de los enfoques descritos.

METODOS DE COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

Los enfoques de equilibrio límite requieren adoptar distribuciones arbitrarias de las tensiones en las capas de



refuerzo. Por otro lado, la selección de la forma de la superficie de falla (plana, bilineal, multilineal, círculo, espiral o superficie cualquiera) resulta arbitraria por cuanto el análisis no permite vincular la influencia de la distribución de las fuerzas de tensión entre las capas, en la disposición y forma de la superficies de falla. En principio, solo un análisis por elementos finitos permite modelar en forma relativamente rigurosa y bajo régimen de esfuerzos de trabajo, el comportamiento real de una masa de suelo reforzado.

Los métodos más recientes de diseño, aún bajo investigación y desarrollo, para mejorar esta situación, han propuesto soluciones simplificadas, sofisticadas a pesar de ello, con base en la hipótesis de compatibilidad de deformaciones. El método de Juran y otros, emplea una adaptación de la teoría de la plasticidad en los suelos (análisis de equilibrio límite) con base en soluciones semiempíricas de compatibilidad de deformaciones, por medio de la interpretación de resultados de ensayos sobre modelos de bloques reforzados a escala, en el laboratorio.

Este método ha recibido fuertes objeciones respecto a su validez desde el punto de vista de la aplicación rigurosa de los postulados de la teoría de la plasticidad en los suelos. No siendo fácil juzgar la validez del método desde un punto de vista teórico, los resultados de las discusiones apuntan a que solo puede establecerse a través de la comparación de predicciones obtenidas mediante la aplicación del método, con resultados de mediciones en

estructuras reales, modelos a escala y en centrífuga; así como con la modelación por medio de elementos finitos de las mismas estructuras.

CONCEPTOS DE APLICABILIDAD DE LOS METODOS

En general, consideradas las incertidumbres en los análisis y diseños originadas en: (a) selección del geosintético, sus características y los criterios de diseño tales como factores de seguridad, tolerancias y controles, (b) caracterización de los rellenos y suelo de fundación, (c) procedimientos constructivos: procesos de colocación, compactación, sistemas de drenaje, etc, (d) hipótesis simplificadoras de la teoría y el no modelar en forma realista el comportamiento complejo de los sistemas relleno-refuerzo. Se encuentra en la práctica corriente difícil justificar el uso de métodos sofisticados y de aplicación costosa, respecto a métodos más sencillos en que la verificación de resultados aparece más intuitiva y de más fácil comprensión. Al hacerse más complejo el régimen de cargas, las condiciones de contorno,

y la geometría, puede justificar el uso de métodos sofisticados para garantizar mejor la estabilidad de la obra y por consideraciones de economía.

Por lo general, resulta conveniente iniciar los análisis con métodos sencillos y manejables, que proporcionan criterios para juzgar la necesidad y validez del uso posterior de métodos más sofisticados y complejos. Además, el empleo de varios métodos hace posible la comparación de resultados y establecer la sensibilidad de los análisis a la variabilidad de los parámetros. □

REFERENCIAS.

Por motivo de espacio, se omiten las referencias usadas en esta publicación, cuyo objetivo ha sido despertar la inquietud por el tema. El lector interesado puede consultar los artículos pertinentes en las memorias del Seminario & Taller Geosintéticos 93, recientemente realizado por La Escuela Colombiana de Ingeniería.

LIBRO CONMEMORATIVO E.C.I. 20 AÑOS

Resérvelo en : TEL: 676 00 77



Tracey & Cía.

Compañía del Grupo Inchcape

OFRECEMOS EL MAS COMPLETO EQUIPO DE MAQUINARIA PESADA PARA OBRAS PUBLICAS, CONSTRUCCION Y MINERIA.

- CASE
- DEMAG
- VIBROMAX
- GEHL
- ATLAS COPCO
- KRUPP
- RANDON

Marcas de reconocida calidad y confiabilidad por su avanzada tecnología a nivel mundial

Contacte a su distribuidor:

SANTAFE DE BOGOTA
Avda. Eldorado
No. 84A-55 Local 227
Conmutador: 410 00 66
Fax: 410 03 14

BARRANQUILLA
Industrias El Barco Ltda.
Sub-Distribuidor Autorizado
Calle 47 No. 43-154
Tels.: 400060
417217 - Fax: 400625

CALI
Centro Industrial y Comercial
Panorama, Autop. Cali-Yumbo
Km. 2 - Bodega 9 - Tels.: 651133
656599 - Fax: 651135 - A.A.9967

MEDELLIN
Calle 37 No. 52-172
Tels.: 262 32 47
232 31 71
Fax: 262 21 10



ESTUDIO DE TRAVIESAS DE EUCALITO PARA FERROCARRIL

Por: Ing. FRANCISCO SALAZAR FERRO

INGENIERO CIVIL, ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. SOCIO SALAZAR Y FERRO. CATEDRATICO DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

1

OPORTUNIDAD DEL ESTUDIO

Uno de los rubros importantes en el tipo de rehabilitación que está realizando actualmente Ferrovías lo constituyen las traviesas.

En Colombia, las traviesas de madera siempre han tenido por dimensión es: 0.15 m x 0.20 m x 2.00 m. La adopción de dimensiones estándar es justificable cuando se utilizan fuentes madereras diversas. Sin embargo, cuando se conoce a priori la madera con la cual han de fabricarse, no parece sensato adoptar las dimensiones estándar independientemente de las características de la madera escogida.

Para el tramo Bogotá-Belencito, existe la posibilidad de aprovechar ciertos bosques de eucalipto de laderas cercanas a Sogamoso, cuya edad oscila entre treinta y treinta y cinco años.

El objetivo del estudio a que hace referencia este artículo fue aquel de establecer si era posible, dadas las características de esta madera, adoptar para las traviesas las dimensiones de 0.13 m x 0.18 m x 1.80 m, dimensiones utilizadas en países como La India.

La adopción de la traviesa alternativa no solo significaría un ahorro apreciable en los costos de rehabilitación, sino que reduciría el consumo de este recurso natural que requiere un

período de tiempo importante para su renovación y que ya empieza a escasear en Colombia.

2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO.

La metodología consistió en analizar el comportamiento bajo carga del sistema riel-traviesa alternativa-balasto-suelo refiriéndolo al del sistema riel-traviesa estándar-balasto-suelo. Este análisis se previó en tres fases, a saber:

- **Una fase teórica** en la cual se utilizaría un programa de elementos finitos para analizar el sistema.
- **Una fase de ensayos laboratorio** para recolectar parámetros necesarios para el modelo teórico.
- **Una fase de ensayo a escala natural** en la vía férrea para comprobar los resultados del modelo.

Este análisis se realizó por aproximaciones sucesivas. En efecto el modelo teórico de elementos finitos requería de determinada información de laboratorio cuya generación significaba un tiempo considerable.

De manera análoga, el ensayo in situ requería del diseño de una instrumentación, que había que preparar y ajustar de acuerdo con los datos de las fases teórica y de laboratorio.

Dados los plazos del proyecto, era necesario avanzar en los trabajos sin disponer de la totalidad de la información de laboratorio.

Por esta razón, y como se verá más adelante, primero, se elaboró un modelo teórico simplificado basado en la hipótesis de isotropía de la madera; luego se modeló la madera como material ortotrópico introduciendo datos estadísticos relativos al eucalipto y otras maderas de densidad anhidrida similar; finalmente se incorporaron los módulos elásticos y relaciones de Poisson obtenidos de ensayos elásticos elaborados sobre muestras de madera traídas de Sogamoso a la Universidad Nacional.

3. MODELO TEORICO SIMPLIFICADO-HIPOTESIS DE LA ISOTROPIA DE LA MADERA.

La primera parte de la investigación estuvo dedicada al establecimiento de un modelo teórico simplificado del sistema riel-traviesa-balasto-suelo. Este modelo reposaba sobre una serie de hipótesis de trabajo que limitaban su alcance y condicionaban las conclusiones obtenidas a través de éste. La idea directriz era aquella de calibrar el modelo simplificado simulando en el computador el comportamiento de las traviesas bajo determinadas condiciones reproducibles en laboratorio. Una vez obtenida esta calibración, se utilizaría el modelo para analizar el régimen de esfuerzos en el suelo y en el balasto producto de la deformación de la traviesa.

El desarrollo de este modelo simplificado suponía por un lado, establecer las condiciones de laboratorio para efectuar la calibración y por otro lado, enunciar una serie de hipótesis simplificativas para suplir la falta de información.

Condiciones de laboratorio para la calibración del modelo simplificado.

Se escogieron dos situaciones de laboratorio para efectuar esta calibración, que correspondían a situaciones adversas extremas, en las cuales la traviesa, por razones de una mala colocación del balasto o de un mal mantenimiento del mismo, quedaba mal apoyada. En la primera, la traviesa quedaba apoyada únicamente en la zona central, mientras que en la segunda, la traviesa quedaba apoyada únicamente en las zonas extremas. Estas dos condiciones eran interesantes desde el punto de vista del proyecto, pues no solo permitirían calibrar el modelo sino que además, permitían apreciar el comportamiento de diferentes traviesas bajo carga en estas condiciones extremas.

En el laboratorio, la traviesa se colocaría para el primer caso en el marco de pruebas apoyándola en sus extremos y se le aplicarían dos cargas concentradas en los lugares geométricos correspondientes a los asientos de riel. En el segundo, la traviesa se apoyaría en los lugares geométricos correspondientes a los dos asientos de riel y se le aplicaría una carga concentrada en el centro de la luz.

Con la intención de realizar ensayos que simularan condiciones reales se utilizaron trozos de riel como aplicadores de carga. Estos ensayos tuvieron lugar en las instalaciones de la **Escuela Colombiana de Ingeniería**.

De manera previa al ensayo, se clavaron alfileres en uno de los costados de las traviesas. La localización de estos correspondía con la de los nodos de la red de elementos finitos utilizada en el modelo computarizado. Estos alfileres se descabezaron y se les sacó punta de manera tal que al aproximar un papel en el costado de la traviesa deformada bajo la carga, se podía obtener una especie de impronta de la red deformada correspondiente. Esta preparación, no obstante ser un

poco difícil, permitía obtener un volumen apreciable de información y una relación muy estrecha entre los resultados del modelo computarizado y los resultados experimentales correspondientes.

Hipótesis de isotropía para la simulación en computador de las situaciones de laboratorio.

Esta hipótesis, de tipo operativo, consistía en considerar que la traviesa sometida a estas condiciones extremas estaba constituida por un material ideal isotrópico. La calibración se reducía entonces a la determinación de un módulo elástico y una relación de Poisson correspondientes a este material ideal, de tal manera que las deflexiones calculadas por el modelo, utilizando estos coeficientes, coincidieran con las deflexiones reales medidas en laboratorio para la traviesa cargada en las condiciones de apoyo antes mencionadas. La determinación de ambos coeficientes se haría por ensayo-error.

Una vez calibrado el modelo teórico simplificado, la idea era aplicarlo al sistema riel-traviesa-balasto-suelo.

Pero para hacerlo, además de la hipótesis de isotropía del material de la traviesa, era necesario el establecimiento de otras hipótesis referentes al suelo, al balasto y al tipo de análisis mismo.

Hipótesis relativas al tipo de análisis.

Es claro que el sistema riel-traviesa-balasto-suelo es un sistema tridimensional. Como el modelo teórico estaba previsto para situaciones bidimensionales, se decidió referir el sistema tridimensional a dos casos bidimensionales (longitudinal y transversal con respecto al eje de la carrilera) introduciendo la tercera dimensión en éstos asignando espesores variables a los distintos elementos del modelo. Para la asignación de estos espesores, se asumió un ángulo de transmisión de presiones de 45 grados. En el caso transversal, se asumieron espesores variables de los elementos de balasto y de suelo dependiendo de la profundidad, con un valor máximo de 0.6 m que corresponde al espacio-

PUBLICACIONES CONCRETAS



MEMORIAS TECNICAS

Reunión del Concreto 1992

\$ 20.000.00

MEMORIAS TECNICAS

2do. Simposio Nacional de Concreto Preeforzado

\$ 8.000.00

SERIE DE CONOCIMIENTOS BASICOS DEL CONCRETO

\$ 6.000.00

COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO

Ing. Luis Enrique García

\$ 10.000.00

ANACOL

Programa para obtención de Diagramas de Interacción para Columnas de Concreto Reforzado
Ing. Hernán Sandoval Arteaga y Universidad de los Andes

\$ 5.000.00

NOTICRETO

Colección

Suscripción Anual:

\$ 9.000.00

Estudiantes

\$ 6.500.00

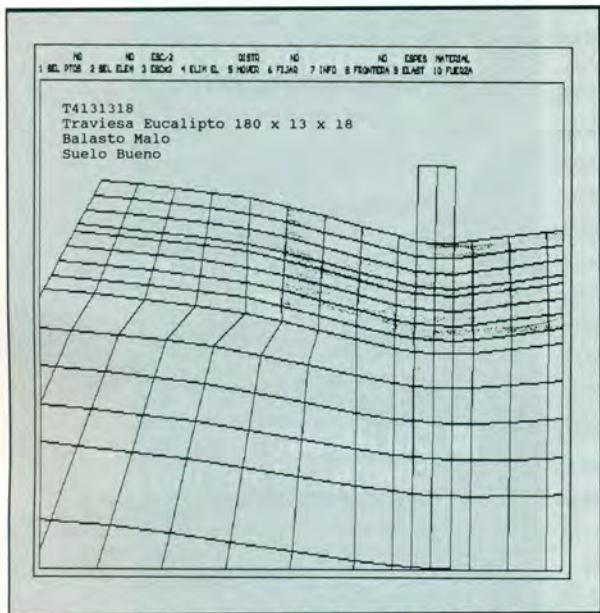
Descuentos especiales para Suscriptores



Cra. 19 No.84-49, Nivel 5 - Tel.: (91)2184899 - 6111176
A.A. 093819 - Fax: 6111047 - Santafé de Bogotá D.C. COLOMBIA

miento entre ejes de traviesas. Para este análisis se asumió un estado de deformaciones planas, que concuerda con las hipótesis antes mencionadas para todos los elementos de espesor 0.6 m. En el caso longitudinal se asumieron también elementos de diferente espesor, pero en este caso se asumió un estado de esfuerzos planos.

Hipótesis relativas al suelo, al balasto y al acero.



MALLA TRANSVERSAL DEFORMADA.

Aunque el modelo permitía trabajar materiales elásticos no lineales y materiales elastoplásticos, el suelo y el balasto se asumieron en este modelo simplificado como materiales elásticos lineales e isotrópicos. Para estimar los módulos elásticos del suelo se utilizó la fórmula empírica que relaciona CBR y módulo de Young ($E = 1000 \text{ CBR}$). Se utilizaron valores de CBR para el suelo de 2.5, 5 y 10, con la intención de analizar el comportamiento de las traviesas en suelo "malo", "regular" y "bueno". Análogamente, se utilizaron los valores 15,30 y 40 para el balasto. Se adoptó una relación de Poisson de 0.4 en ambos casos. Se utilizó un módulo elástico para el acero de riel de 29.000.000 t/m² y una relación de Poisson de 0.3.

Hipótesis relativa a las cargas.

Se utilizó una carga por eje de 15.2 toneladas.

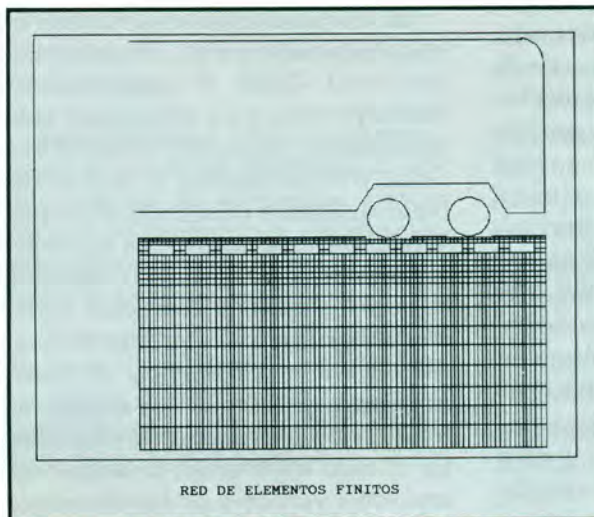
Nivel de detalle del modelo simplificado en el análisis del sistema riel-traviesa-balasto-suelo.

Aunque el programa de computador funcionaba por el método de eliminación frontal que permitía tratar redes con un número elevado de elementos finitos, se dimensionaron las redes para cada uno de los análisis como sigue:

- Para el caso transversal, se diseñó una red de 725 elementos cuadrangulares;
- Para el caso longitudinal, se utilizó una malla de 2600 elementos que abarcaba una longitud de 6.80 m de carrilera. Esta longitud fue escogida teniendo en cuenta la posible longitud de un carro, la separación entre los vagones y la separación entre ejes.

Criterios de comparación utilizados para el análisis de los resultados.

En el modelo de computador, el comportamiento de la traviesa alternativa se refirió al comportamiento de la traviesa de la misma madera (eucalipto) pero con dimensiones estándar.



MALLA LONGITUDINAL

Para poder establecer la comparación entre los comportamientos de ambas traviesas, se establecieron zonas de control: se decidió evaluar los esfuerzos (horizontal, vertical, cortante) en el centro de la traviesa, en el centro del balasto y en el suelo en cercanías de la frontera con el balasto. En cuanto a los resultados de esfuerzos en la traviesa que arroja el modelo simplificado, éstos no serían utilizables pues obedecen a la hipótesis de isotropía.

Resultados.

Al simular los ensayos en el computador, se encontró que con un módulo elástico para este material ideal de 400.000 T / m² y una relación de Poisson de 0.4 se obtenían deformaciones similares a las deformaciones obtenidas en los ensayos de laboratorio.

Desde el punto de vista de los criterios de comparación, las gráficas de esfuerzos obtenidas sugieren diferencias apreciables tanto para el caso transversal como para el longitudinal, pero estas diferencias obedecen más a la relación de rigideces entre suelo y balasto que al tamaño mismo de las traviesas.

4. ELIMINACION DE LA HIPOTESIS DE ISOTROPIA MEDIANTE LA UTILIZACION DE ESTADISTICAS.

En el transcurso de este estudio, se vió la posibilidad de ir eliminando la hipótesis de isotropía utilizando una serie de estadísticas de parámetros elásticos de muestras de eucalipto y otras maderas de densidad anhidrida similar que habían sido recopiladas por el director del laboratorio de la Universidad Nacional y que consistían en una serie de relaciones empíricas entre módulos y relaciones de Poisson.

Es importante aclarar que al introducir estas relaciones empíricas en el modelo para la simulación de

Aparatos de medida.

Para cada ensayo se había previsto inicialmente medir cargas, deformaciones y esfuerzos en distintos puntos del sistema. Pero dada la complejidad para fabricar equipos confiables capaces de medir esfuerzos, se decidió utilizar únicamente aparatos destinados a medir cargas y aparatos destinados a medir deformaciones.

De los segundos se previeron de dos tipos: unos para medir deformaciones unitarias y otros para medir cambios de nivel.

Los aparatos de nivel se hicieron por duplicado con el

fin de poder medir al paso de un mismo tren las deformaciones del sistema correspondientes a dos tramos de prueba, quedando como única variable del ensayo el tipo de traviesa.

Comparadores de nivel. Para efectos de mediciones de cambios de nivel, se utilizó el Comparador hidrostático que había sido diseñado y probado en el hundimiento de cajones controlados. El sistema consta de un aparato central al cual está conectada una serie de sensores colocados en sitios de control. El aparato central fue de tipo tridimensional en el cual se había reproducido a escala la planta de la carrilera. Para cada prueba, se colocarían sensores en puntos pertinentes de la vía, y cada sensor se conectaría por tubería independiente al tubo de vidrio correspondiente en la maqueta a escala.

Así, a través del cambio de nivel del agua en cada tubo de la maqueta, se podía apreciar el cambio de nivel del punto real de la vía a la cual correspondía. Este sistema permitía hacer mediciones simultáneas de nivel de varios puntos, con una precisión de 1 mm, precisión adecuada vistos los cambios por temperatura que presentaba el sistema.

Celdas de carga Las celdas estaban destinadas a estimar las posibles cargas que recibían las traviesas.

Cargas de ensayo.

Se utilizaron como cargas de ensayo locomotoras U10 y U18.

Mediciones realizadas.

En función de los aparatos disponibles y en función del tiempo autorizado para los ensayos, se hicieron mediciones tendientes a establecer, la deformación longitudinal y transversal de la vía, y las cargas transmitidas a la traviesa. También se realizaron mediciones de deformación unitaria en la madera bajo el asiento de riel y de deformación unitaria en el balasto en cercanías de la traviesa.

Consideraciones acerca de la neutralidad de la instrumentación con respecto a los resultados.

Las mediciones efectuadas con el comparador hidrostático de niveles no interfieren en el funcionamiento normal del sistema riel-traviesa-balasto-suelo.

Por el contrario, las mediciones efectuadas con las celdas de carga interfieren en el funcionamiento del sistema, pues la celda es un cuerpo extraño que se coloca en el sistema.

Resultados.

Prueba longitudinal.

Las deflexiones máximas obtenidas para la traviesa estándar de madera y la traviesa alternativa de madera son muy semejantes: del orden de 8 mm. Es importante anotar que esta deflexión máxima es la misma para la locomotora U10 que para la U18. Es más, en el caso de acople de dos U18, la deflexión máxima tampoco varió.

Estas deflexiones obtenidas corresponden a unos módulos de carrilera de orden de los 1000 lb/pulg/pulg para la madera. El orden de magnitud de estas deflexiones coincide con las previstas en el modelo teórico.

Análisis transversal.

De las gráficas de deflexión de las traviesas de madera, se concluye que la curva que describe la traviesa bajo carga es aleatoria. Esta aleatoriedad de la deformación de la traviesa confirma la aseveración según la cual el comportamiento de la traviesa depende de la colocación y el estado del balasto.

Cargas en la traviesa.

Para ambas traviesas, la carga máxima registrada en las celdas corresponde al asiento del riel y su valor fue cercano a las 16 toneladas.

7. CONCLUSION.

Dados los resultados de las fases teórica de laboratorio y de ensayo in situ, las traviesas alternativas son viables.

Se hace particular énfasis en la importancia del estado de la rasante y en el mantenimiento del balasto en el comportamiento y por ende en la vida útil de la traviesa.

8. RECOMENDACIONES.

Todos los ensayos realizados corresponden a traviesas nuevas. Es importante garantizar la mejor conservación de las características del eucalipto mediante los procedimientos específicos a esta madera y demás tratamientos ampliamente desarrollados en las normas. Sería deseable realizar otros ensayos si es posible dinámicos en otras condiciones de suelo, balasto, pendiente y curvatura para complementar los resultados del presente estudio. □

BIBLIOGRAFIA.

- Robinson, J., "Integrated Theory of Finite Element Methods", New York, John Wiley & Sons, 1971.
- Zienkiewicz, O.C., "El Método de los Elementos Finitos", Editorial Reverté S.A., 1980.
- Mundrey, J.S., "Railway Track Engineering", Tata McGraw-Hill, 1988.

ANUNCIE EN LA REVISTA E. C. I..



UN MODELO DEL TRABAJO EMPRESARIAL

POR: JORGE E. TARAZONA B.

INGENIERO CIVIL ESPECIALIZADO EN INGENIERIA DE SISTEMAS, SUBGERENTE DE SAE LTDA. TRABAJÓ EN IBM COMO INGENIERO DE SISTEMAS Y GERENTE EN DIFERENTES AREAS. CATEDRÁTICO UNIVERSITARIO: UNIVERSIDAD NACIONAL, JAVERIANA Y ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.

*A Auma Bedeta, por su inmensa dedicación.
Difícil recompensarlo como se merece.*



INTRODUCCION

El propósito de este artículo es presentar los fundamentos y componentes principales de un Modelo de Trabajo

Empresarial, desarrollado por el autor del escrito, con base en sus observaciones, análisis y experiencias en diferentes trabajos.

El Modelo puede ser utilizado como referencia y guía para la concepción, el análisis y la realización apropiada del Trabajo Empresarial.

La principal razón para la publicación del artículo es el convencimiento de su autor de que el Modelo no sólo facilita y agiliza el Manejo adecuado del Trabajo Empresarial sino, también, la interacción apropiada entre las diferentes Unidades Empresariales. Los beneficios obtenidos en varios trabajos en los cuales se ha utilizado, parcial o totalmente el Modelo, son otra razón para esta publicación.

Es claro que el artículo, por causa del espacio disponible, no abarca la explicación exhaustiva de los conceptos y guías presentados, pero su autor está disponible para información o explicación adicionales para la aplicación específica del Modelo, dados el Trabajo y la Empresa de que se trata.

Se destacan en el escrito, generalmente la primera vez que aparecen con signifi-

ficado especial, algunos conceptos básicos en el Modelo. Otras, aparecen simplemente con mayúscula.

2. EL TRABAJO EMPRESARIAL.

El concepto de trabajo empresarial, en el contexto de este artículo es el de:

La Aplicación de Medios para Definir, Obtener y/o Entregar un Resultado, dentro de Determinadas Limitaciones, en una Entidad que produzca y/o comercialice Bienes o Servicios.

Aquí la **Entidad** puede ser: Una Empresa Privada, una Institución Estatal o cualquier Unidad componente de ellas, llámese División, Departamento, Sección, Grupo o Cargo. Es decir, cualquier conjunto de elementos Empresariales o Institucionales, considerados como unidad.

El **Bien o Servicio** que produce y/o comercializa la Entidad, de acuerdo con el concepto usado para entidad, puede estar destinado a un Cliente Externo o Interno a la misma.

Las actividades en las cuales, en general, se realiza el Trabajo Empresarial comprenden:

a. La selección del Producto, con base en el análisis del mercado y la determinación de la franja a la cual se destinará el Producto

b. La selección e integración de los Medios que se utilizarán en el Trabajo.

c. La determinación y comunicación de las Limitaciones dentro de las cuales se actuará.

d. La Obtención y/o Entrega del Producto

e. La comercialización del Producto.

f. La interacción de la Entidad con su Entorno.

g. La recolección y distribución de la retribución al trabajo

h. El registro y presentación de los resultados y trabajos ejecutados.

i. El manejo de los Medios utilizados para el Trabajo y

j. El cumplimiento de las limitaciones establecidas para el trabajo.

Todas estas actividades pueden considerarse como Ordinarias para el cumplimiento del Objetivo del negocio o institucional de la Entidad. Sin embargo, hay otras que crean o mejoran la infraestructura para la realización de aquellas. Son las que se conocen, usualmente, con el nombre de Tareas Especiales y Proyectos.

El hecho de que las actividades mencionadas se hayan llevado a cabo en el pasado y deban analizarse a fin de extraer y usar experiencia en el presente y en el futuro, amplía el alcance del Trabajo Empresarial.

El Trabajo Empresarial incluye, también, la determinación, proyección, acuerdo y preparación para la realización en el futuro de las actividades indicadas.

En cada una de las actividades nombradas anteriormente y en las partes en las que se pueda descomponer cada una de ellas es aplicable el Modelo que aquí se presenta.

3. OBJETIVO DEL TRABAJO EMPRESARIAL.

A partir del concepto establecido para el Trabajo Empresarial, puede plantearse el **Objetivo** de este trabajo como:

El resultado que se convenga: Definido, Obtenido y Entregado de acuerdo con :

- Los Medios convenidos y
- Las Limitaciones establecidas y/o convenidas.

El **Resultado** comprende:

- El **Producto**, es decir el Bien o Servicio, y que debe ser algo Descriptible, Caracterizable, Entregable y Usable.
- Las **Mediciones**, o sea, información relativa a la ejecución del trabajo.

Las **Limitaciones** incluyen las Normas (Principios, Políticas y prácticas) de la entidad y las Especificaciones para el Trabajo, es decir, el **Marco de Ejecución**. Las Limitaciones comprenden, además, el **Entorno** bajo el cual se actúa.

Por la importancia que tiene para el Éxito del Trabajo, se hace énfasis en el enunciado del Objetivo en la característica de acordado o convenido que deben tener varios de sus componentes. La formulación del Objetivo del Trabajo Empresarial, con base en los términos utilizados facilita, también, la inclusión explícita en él de factores representativos de las características de cuantificable, factible, medible y retador que debiera tener el Trabajo por realizar. Permite, asimismo, una evaluación objetiva del trabajo realizado.

4. MODELO DEL TRABAJO EMPRESARIAL.

Con base en el Objetivo planteado y sin tener en cuenta el Entorno, puede considerarse que el Trabajo Empresarial consiste en la ejecución del **Proceso** cuyos **Elementos** se representan en la Figura No. 1.

Un primer detalle de los Elementos de este Proceso se muestra en la Figura No. 2. El examen detenido de esta figura es muy útil para la comprensión de lo que sigue.

Para tener en cuenta el encaje del Trabajo con las circunstancias que rodean la Entidad, se incorpora al Modelo el Entorno. Ver Figura No. 3.

La **Infraestructura** que se muestra en la figura No. 4, representa los recursos usualmente disponibles en la entidad y la cultura empresarial, es decir, el conjunto de Credos, Guías Comunes y Modos de Comportamiento propios de la Empresa o Institución.

Adicionalmente a los componentes del Entorno que

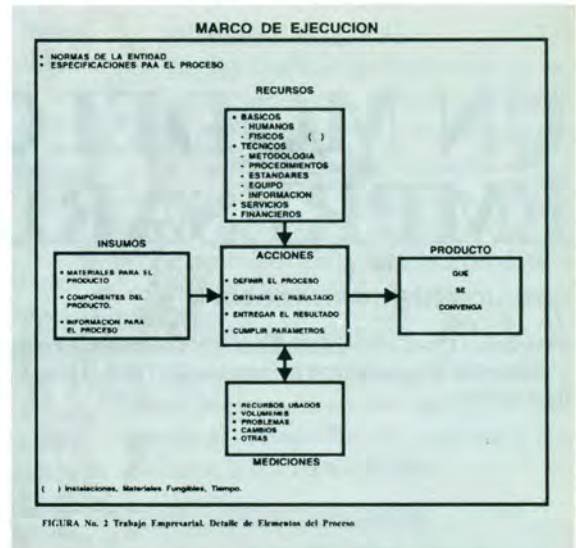


FIGURA No. 2 Trabajo Empresarial. Detalle de Elementos del Proceso

se muestran en la Figura No. 4, pueden mencionarse: La Situación Económica, Política y Social, La Legislación Estatal, La Legislación Industrial, El Mercado, La Competencia, Las Legislaciones Profesionales, El Ambiente de Trabajo y el Ambiente Tecnológico, entre otros.

5. DESCOMPOSICION DEL TRABAJO EMPRESARIAL.

El Trabajo Empresarial puede Descomponerse (Ver Figura No.5.) en:

- Un Trabajo cuyo propósito fundamental es la Definición, Obtención y Entrega del Producto al Usuario (s)- **Trabajo Operativo** y
- Un Trabajo cuyo propósito principal es asegurar que el Trabajo se lleve a cabo y dentro de los Parámetros (Limitaciones y Condiciones) establecidos o convenidos **Trabajo Administrativo/Gerencial**.

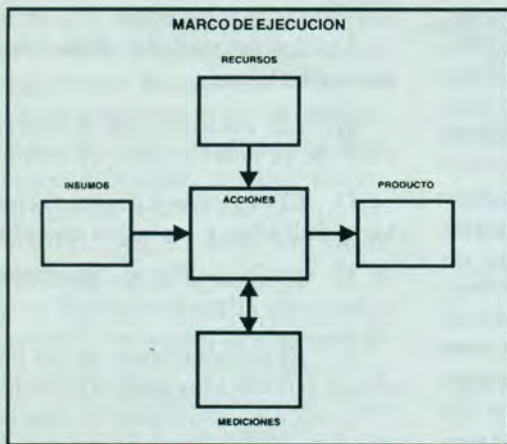


Figura No. 1. Trabajo Empresarial. Elementos del Proceso.

La **Obtención** se refiere a la Fabricación de un Producto nuevo o a la **Adaptación** o Adición de Valor a un Producto ya existente.

La **Entrega** significa el poner el Resultado a disposición del Usuario(s) de modo que lo pueda(n) utilizar autónomamente.

Los **Medios** abarcan los diferentes **Insumos, Acciones y Recursos** que se usan para, Definir, Obtener y Entregar el Resultado.

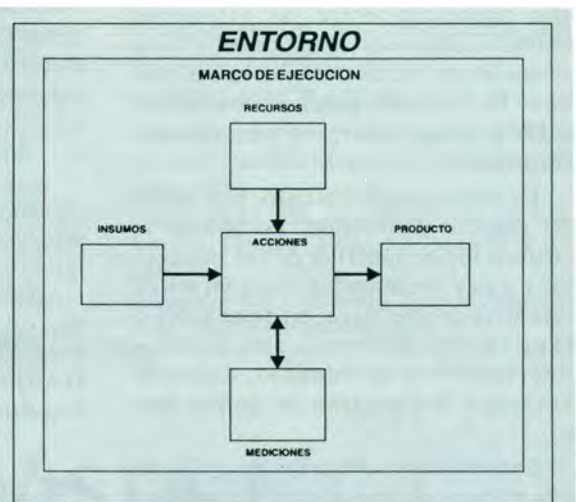


Figura No. 3. Proceso y Entorno del Trabajo Empresarial.



Para efectos de aplicación del Modelo, el Trabajo que implica cualquiera de las actividades de los ordinales a, d y e del numeral 2 se considera Trabajo Operativo. El Trabajo que implica cualquiera de las actividades de los ordinales b, c, g, h, i y j, se considera Trabajo Administrativo/Gerencial. El Trabajo que implican las actividades del ordinal f puede ser Operativo o Administrativo/Gerencial.

De acuerdo con el Procedimiento de Descomposición utilizado, y como puede verse gráficamente en la Figura No.5, el Trabajo Operativo esta caracterizado por un Producto (Pto) - el Bien o Servicio por Obtener y/o Entregar - y los correspondientes Insumos (Ito), Acciones (Ato), Recursos (Rto), Marco de Ejecución (MEto) y entorno (Eto). El Trabajo Administrativo/Gerencial está caracterizado

da Elemento del Trabajo Descompuesto equivale a la Agregación de los respectivos elementos de los Trabajos Componentes. Así, por ejemplo, (Ver Figura No.5) el Producto del trabajo Empresarial (Pte) equivale a la agregación de los productos (Pto) del Trabajo Operativo y (Pta) del Trabajo Administrativo/Gerencial.

Los recursos (Rte) del Trabajo Empresarial equivalen a la Agregación de los Recursos (Rto) del Trabajo Operativo y (Rta) del Trabajo Administrativo. Y así, sucesivamente, con los demás Elementos.

Esta Propiedad de Agregación es útil para verificar que la Descomposición sea correcta y que, consecuentemente, el manejo del Elemento Descompuesto equivale al manejo de sus Elementos Componentes.

- **Entregar el Producto Operativo.**

En la Figura No.6 se muestra, gráficamente, esta Descomposición. Como puede apreciarse en ella, cada uno de los Componentes Resultantes estará caracterizado por un producto, unos Insumos, unas Acciones, unos Recursos, un Marco de Ejecución y un Entorno.

El producto (Pdto) del trabajo Definir el Trabajo Operativo será la Determinación de cada uno de los Elementos de los Trabajos para Obtener y/o Entregar el Bien o Servicio. Para llevar a cabo esa Determinación se utilizarán los Insumos (Idto), las Acciones (Adto), los Recursos (Rdto), el marco de Ejecución (MEdto) y se actuará bajo el Entorno (Edto) correspondientes.

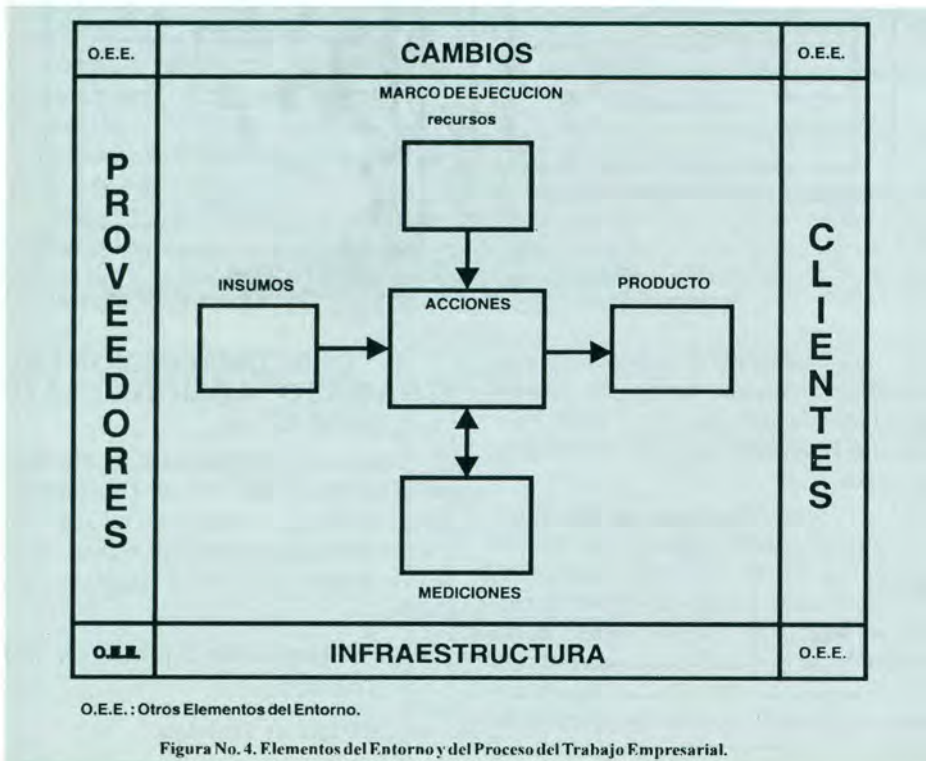
El Producto (Popo) del Trabajo Obtener el Producto Operativo será el Bien o Servicio que se entregará al Usuario(s). En este Trabajo se usarán los Insumos (Iopo), las Acciones (Aopo), los Recursos (Ropo), el Marco de Ejecución (MEopo) y se actuará bajo el Entorno (Eopo) correspondientes.

El Producto (Pepo) del Trabajo Entregar el Producto Operativo es la Disponibilidad Autónoma del Bien o Servicio por parte del Usuario(s). En este Trabajo se emplearán los Insumos (Iepo), las Acciones (Aepo), los Recursos (Repo), el Marco de Ejecución (MEepo) y se actuará bajo el Entorno (Eepo) correspondientes.

La Propiedad de Agregación es válida, también aquí.

Volviendo a utilizar el Procedimiento de Descomposición, el Trabajo representado por cada uno de los tres gráficos de la parte inferior de la figura No.6 puede, a su vez, descomponerse respectivamente en los siguientes Trabajos:

- **Definir el Trabajo Operativo:**
 - Definir los Requerimientos del Usuario(s).
 - Definir la Solución a los Requerimientos.
 - Definir el Resto de Elementos del Trabajo.
- **Obtener el Producto Operativo:**
 - Diseñar el Producto Operativo.
 - Construir el Producto Operativo
 - Probar funcionalmente el Producto Operativo.
- **Entregar el Producto Operativo:**



por un Producto (Pta) el Trabajo realizado de acuerdo con los Parámetros establecidos o convenidos y los correspondientes Insumos(Ita),Acciones (Ata), Recursos (Rta), Mediciones (Mta), Marco de Ejecución (MEta) y Entorno (Eta). Cada uno de estos elementos, sin embargo, tendrá identidad, naturaleza y características propias, según el Trabajo de que se trate y la Entidad en la cual se lleve a cabo.

Conforme, también, con el Procedimiento de Descomposición, ca-

6. DESCOMPOSICION DEL TRABAJO OPERATIVO.

Utilizando la Propiedad de Propagación del Procedimiento de Descomposición, el Trabajo Operativo puede Descomponerse, en un primer nivel, en los siguientes Trabajos:

- **Definir el Trabajo Operativo**
- **Obtener el Producto Operativo y**

Probar para Aceptación el Producto Operativo
Instalar el Producto Operativo
Entregar el Producto Operativo.

Los Componentes elegidos para esta descomposición se escogieron de modo que sea posible la caracterización de cada uno de ellos por un Producto Estándar; que puedan aplicarse, con la correspondiente particularización de acuerdo con el tipo de Trabajo y la Entidad donde se ejecute, a varios tipos de Trabajo; y que su ejecución sea secuencial, comenzando por el primero de ellos y terminado con el noveno, en el orden en que aparecen en la Descomposición que se acaba de enunciar.

El término Solución que aparece en esta Descomposición se refiere al Producto que responda a los Requerimientos, a las Interacciones del mismo con otros Bienes o Servicios y a la Estrategia para su Obtención y/o Entrega. Es muy importante distinguir un Componente separado cuyo Propósito sea la Definición de la Solución, ya que esta Definición Determina los demás Elementos del Trabajo.

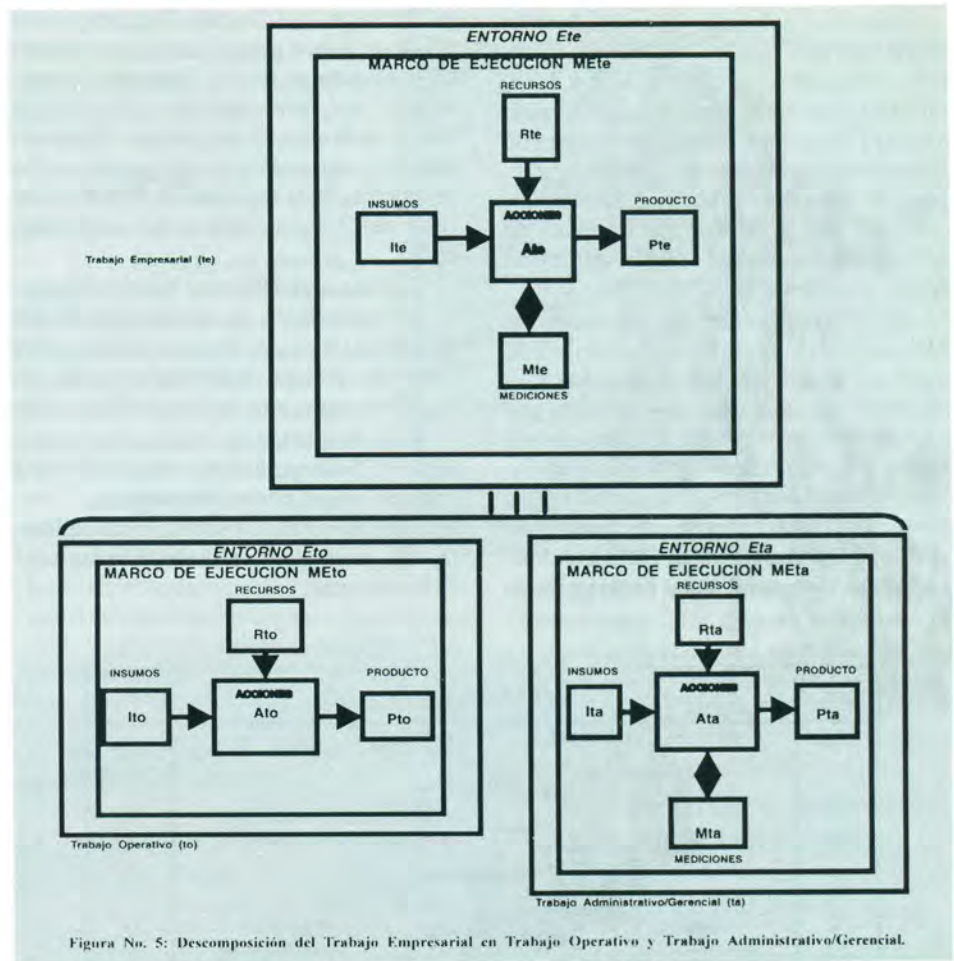
El término Resto de Elementos del Trabajo indica los Insumos, Acciones, Recursos, Marco de Ejecución que se usarán en los Trabajos de Obtención y/o Entrega y el Entorno bajo el cual se actuará en la ejecución de estos Trabajos.

Nuevamente se cumplen en esta Descomposición las Propiedades de Propagación del Modelo y de Agregación de Componentes.

La Descomposición de cada uno de estos nueve Componentes puede continuarse hasta que los Componentes Resultantes estén caracterizados por un Producto que deba entregarlo la persona responsable de su Obtención y/o Entrega a otra persona de su misma Unidad o de otra Unidad Empresarial o Institucional. Estos Componentes Elementales hasta los cuales llega la descomposición se designan, dentro del Modelo, con el nombre de Componentes Significativos.

7. ESTRUCTURACION DE COMPONENTES DEL TRABAJO OPERATIVO.

Tal como se dijo en el numeral 6, la ejecución de los nueve componentes de segundo nivel en los cuales se descompuso el Trabajo Operativo es secuencial, dentro de los mismos, los Com-



ponentes en los cuales se Descomponga posteriormente cada uno de ellos puedan ejecutarse en paralelo. La Figura No.7 muestra la estructuración de estos Componentes.

La ejecución secuencial de estos Trabajos y el establecimiento de un hito al terminar cada uno de ellos, hace posible que en cada una de estas terminaciones se haga una Evaluación de lo ya realizado, se decida la continuación o no del Trabajo, se introduzcan oportunamente las modificaciones pertinentes, se vuelvan a analizar los riesgos, se prepare mas concretamente la realización del próximo Componente y se confirmen o modifiquen los acuerdos y compromisos que se hayan establecido.

La Estructura, por otra parte, es aplicable no sólo a nivel de Producto Final del Trabajo Operativo (el que se Entrega al Usuario), sino a nivel de cada uno de sus Productos Parciales (los que integran el Producto Final) o a nivel de Productos Intermedios (de los que es necesario disponer, antes de obtener un Producto Parcial).

8. DESCOMPOSICION DEL TRABAJO ADMINISTRATIVO/GERENCIAL.

Empleando la Propiedad de Propagación del Procedimiento de Descomposición, el Trabajo Administrativo/Gerencial puede Descomponerse (Ver Figura No.8), en un primer nivel, en los siguientes Trabajos:

- Preparar la Ejecución del Trabajo
- Dirigir el Trabajo
- Terminar el Trabajo

En la Figura No.8 puede verse que cada uno de los Componentes Resultantes estará caracterizado por un Producto, unos Insumos, unas Acciones, unos Recursos, un Marco de Ejecución y un Entorno.

El Producto (Ppet) del trabajo Preparar la Ejecución del Trabajo será la Determinación de los Elementos de los trabajos para disponer de los Medios requeridos, para Dirigir y para Terminar el Trabajo. Para llevar a cabo esta Determinación se



utilizarán los Insumos (Ipet), las Acciones (Apet), los Recursos (Rpet), el marco de Ejecución (MEpet) respectivos y se actuará bajo el Entorno (Epet) correspondiente.

El Producto (Pdt) del trabajo de Dirigir será el Estado de Trabajo de acuerdo con sus Objetivos, con los de la Entidad donde se realice el Trabajo y con los de las personas que participen en el mismo. En este trabajo se usarán los Insumos (Idt), las Acciones (Adt), los Recursos (Rdt), el Marco de Ejecución (MEdt) respectivos y se actuará bajo el Entorno (Edt) correspondiente.

El Producto (Ptt) del trabajo para Terminar el Trabajo comprenderá: El Valor Asignado al Trabajo realizado, la Documentación relativa al trabajo realizado, los Recursos que se habían asignado al Trabajo liberados y el conocimiento oficial de los Usuarios de la Terminación del Trabajo. En este trabajo se emplearán los Insumos (Itt), las Acciones (Att), los Recursos (Rtt), el Marco de Ejecución (MEtt) respectivos y se actuará bajo el Entorno (Ett) correspondiente.

La Propiedad de Agregación es válida, también en esta Descomposición.

Utilizando nuevamente el Procedimiento de Descomposición, el Trabajo representado por cada uno de los tres grá-

ficos de la parte inferior de la Figura No.8 puede, a su vez, Descomponerse respectivamente en los siguientes Trabajos:

- **Preparar la Ejecución del Trabajo:**

Definir el Trabajo Administrativo/ Gerencial

Planear el Trabajo

Organizar el Trabajo

Integrar Recursos e Insumos para el Trabajo.

- **Dirigir el Trabajo:**

Convenir los Objetivos con el grupo

Liderar el Trabajo

Encauzar el Trabajo.

- **Terminar el Trabajo:**

Evaluar el Trabajo.

Entregar Documentos relativos a Ejecución del Trabajo.

Liberar los Recursos empleados en el Trabajo.

Informar Oficialmente la Terminación del Trabajo.

Los Componentes elegidos para esta Descomposición se escogieron de modo que sea posible la caracterización de cada uno de ellos por un Producto Estándar;

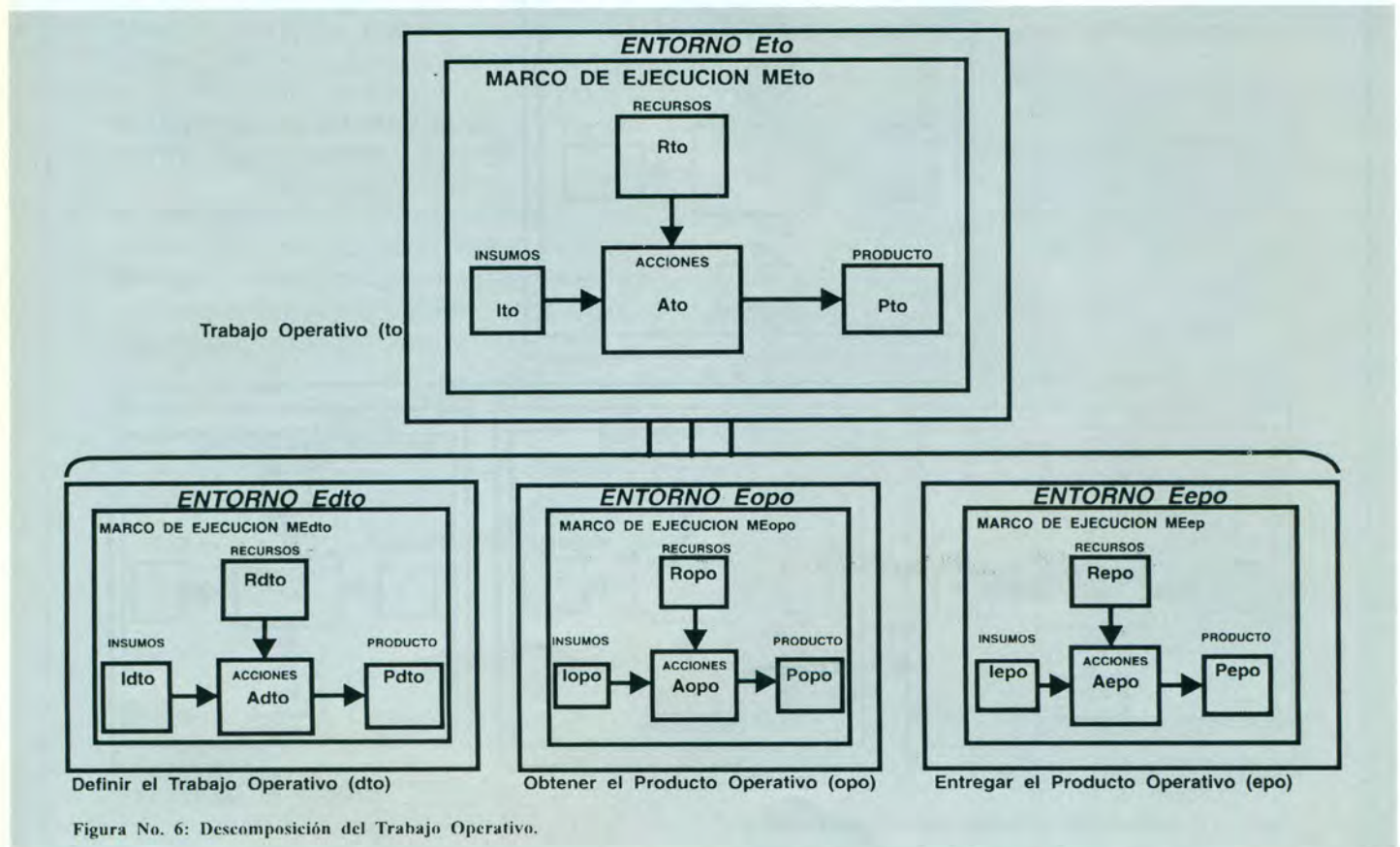
que puedan aplicarse, con la correspondiente particularización de acuerdo con el tipo de Trabajo y la Entidad donde se ejecute, a varios tipos de Trabajos; y que su ejecución pueda llevarse a cabo secuencialmente. La ejecución secuencial de estos Trabajos, sin embargo, puede tener condiciones especiales en algunos casos.

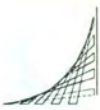
Nuevamente se cumplen en esta Descomposición las propiedades de Propagación del Modelo y de Agregación de Componentes.

La Descomposición de cada uno de estos Componentes puede continuarse hasta el nivel de Componentes Significativos, cuya característica se indicó anteriormente.

Cada uno de los Componentes en los cuales se ha Descompuesto hasta acá el Trabajo Administrativo puede utilizar en su ejecución cualquiera de los siguientes trabajos Auxiliares:

- **Formalizar**
- **Comunicar**
- **Controlar**
- **Tomar Decisiones**
- **Negociar**





ADMINISTRACION

DEFINIR EL PROCESO			OBTENER EL PRODUCTO			ENTREGAR EL PRODUCTO		
R		E				F	P	
E		L		C		U E	A	
D	Q D	S D	P D	P O	P N	L	R E	
E	U E	O E	R R	I R	N R	P C	P A	L I
F	L E	F L	L F	E O	S E	O R	I P	R N
I	O R	I A	U I	S C	E L	D T	L D	O O
N	S I	N C	N T	E Ñ	U R	U B	N O	B C
I	M I	I I	O S	A C	U C	A A	D A	E O
R	I R	O R	O R	T I	T R	L U	R P	D L
	E	N	D	O	R	O	M C	T U
	N						E T	A C
	T						N O	R O
	O						T	I O
	S						E	O
								N

Figura No. 7 Estructura de Componentes del Trabajo Operativo

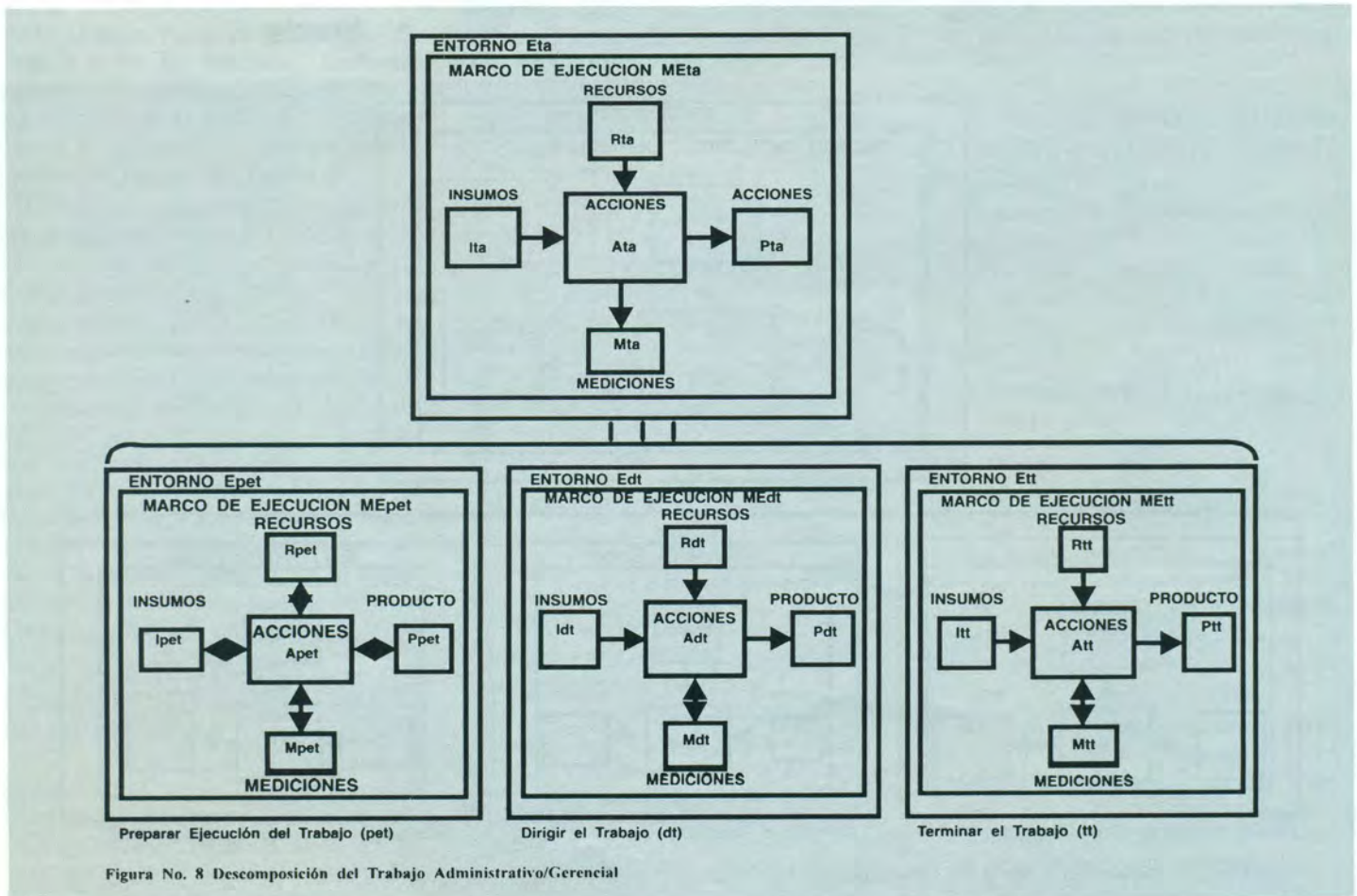


Figura No. 8 Descomposición del Trabajo Administrativo/Gerencial

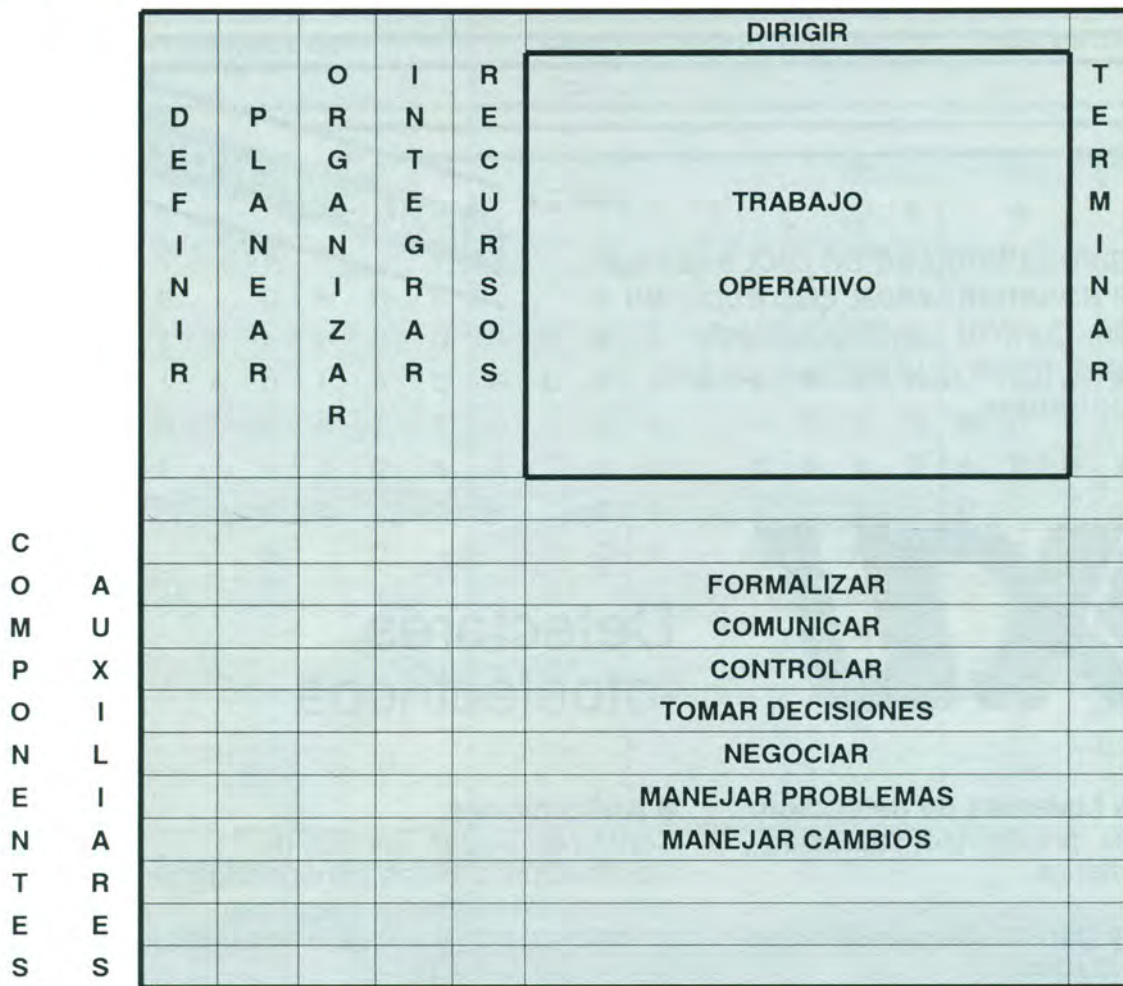
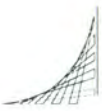


Figura No. 9 Estructura de Componentes del Trabajo Administrativo/Gerencial.

- Manejar Problemas y
- Manejar Cambios.

Cada uno de estos Trabajos es, también, caracterizable por un Producto Estándar; puede representarse igualmente con el Modelo del Trabajo Administrativo y goza, asimismo, de las Propiedades de Propagación y Agregación vistas anteriormente.

9. ESTRUCTURACION DE COMPONENTES DEL TRABAJO ADMINISTRATIVO/GERENCIAL

Teniendo en cuenta el Producto y el Propósito de cada uno de los Componentes del Trabajo Administrativo/Gerencial, puede establecerse la Estructura que muestra la Figura No.9, la cual indica, además la interacción entre el Trabajo

Operativo y los diferentes Componentes del Trabajo Administrativo/Gerencial.

La Estructura mostrada en la Figura No.9 puede aplicarse al Trabajo Operativo a nivel global o a nivel de cualquiera de sus Componentes. Es decir, el rectángulo que representa el Trabajo Operativo en esta Figura puede ser el rectángulo total de la Figura No.7, cualquiera de los tres grupos de la parte superior de esta última, cualquiera de los nueve Componentes menores de la misma o cualquiera de los Componentes Significativos de cada uno de ellos. El Trabajo Operativo, por otra parte, puede ser a nivel Empresa, a nivel de Unidad Empresarial o a nivel de Cargo.

Como puede observarse en la Figura No.9, algunos Componentes del Trabajo Administrativo/Gerencial (Definir, Planear, Organizar, Integrar Recursos), se ejecutan antes de iniciar el Trabajo Ope-

rativo; otros (Dirigir, Formalizar, Comunicar, Controlar, Tomar Decisiones, Negociar, Manejar Problemas Y Manejar Cambios), se llevan a cabo paralelamente al Trabajo Operativo y otros (Terminar), se realizan después de concluir el Trabajo Operativo.

10. APLICACION DEL MODELO

La Aplicación del Modelo depende, lógicamente, del trabajo por realizar y de la Entidad donde se deba ejecutar.

El Modelo puede Aplicarse, como ya se dio a entender, en diferentes tipos de trabajos y en distintos niveles de la Empresa o Institución, llámense División, Departamento, Sección, Grupo o Cargo.

La Aplicación del Modelo, por otra parte, puede ser total o restringirse a algunas de sus aplicaciones: Representación del Trabajo Empresarial, Representación del Trabajo Operativo, Estructuración del Trabajo Operativo, Representación del Trabajo Administrativo / Gerencial, Estructuración del Trabajo Administrativo / Gerencial etc.

11. BENEFICIOS PRINCIPALES DEL MODELO.

Los beneficios que más se destacan de la utilización del Modelo son su contribución a facilitar y agilizar la concepción, análisis y realización del Trabajo Empresarial, a través de la Estandarización de su Enfoque, de sus Elementos y Componentes, de la Comunicación entre integrantes de una Unidad Empresarial o Entre diferentes Unidades de la Entidad, de la Interacción entre ellos y de los Procedimientos y Ayudas para su Ejecución. Es claro que la Calidad del Bien o Servicio, lo mismo que la del trabajo para su Obtención y/o Entrega resultan similarmente beneficiados. □



LAS TENDENCIAS EN LA ADMINISTRACION.

Por: Daniel Martínez-Villalba González.

Ingeniero Civil de E.C.I. Dip. Business Studies de London School of Economics. Gerente General de Comavsa de Occidente. Gerente construcciones de Comavsa. Catedrático en Administración E.C.I. Junta Directiva Camacol Santander. Junta Directiva Fundación para la Integración y Gerencia de Valores (para Colombia). Participante del Comité coordinador para postgrados en Economía y Administración de la Construcción E.C.I.

Si revisamos la historia de la administración, desde que Taylor enunció el pensamiento científico han venido apareciendo a lo largo del tiempo una nada despreciable cantidad de teorías que en su respectiva época se han convertido en modas, ya que han sido tomadas por los gerentes como la solución a los problemas cotidianos que se presentan en el desenvolvimiento dentro de un mercado competitivo y en la búsqueda por superar sus parámetros de eficiencia.

Esta búsqueda incesante por parte de los gerentes y por ende de las Empresas que están dirigiendo, ha sido precisamente la principal fuente para que Universidades y Centros de Estudio cuenten con los recursos necesarios para investigar y proponer nuevas alternativas de mejoramiento administrativo.

Hoy en día, si revisamos algunos de los tal vez innumerables escritos, gran parte de ellos convertidos en teorías de contingencia, podemos ver que el área que ha marcado la vanguardia ha sido "El cómo administrar el Recurso Humano en las Empresas". A manera de ejemplo podríamos citar los numerosos estudios que se pueden encontrar en temas como la resistencia al cambio, técnicas de motivación, técnicas de liderazgo, manejo del poder e influencia, etc..

El objetivo de este artículo no es citar un detallado inventario histórico de las teorías que han venido marcando la pauta sobre cómo administrar, sino descubrir cómo han dejado huellas a medida que se aplican, en algunos casos con una peligrosa obsesión producida más por una moda que por un proceso preconcebido, estudiado y adaptado a las circunstancias propias de cada Industria y Empresa en particular.

Actualmente ya es aceptado el Recurso Humano como el más importante con que cuentan las firmas para lograr con éxito su misión. Como diría el prof. David McClelland, "una Empresa sin misión es como un barco a la deriva que no tiene un puerto a donde llegar". Recordando una de las parábolas utilizadas por el prof. Peter A. Frayle en sus dinámicas sobre Gerencia de Valores, concluiríamos que no basta con que el barco tenga un puerto donde esté seguro, sin cumplir con su misión

de navegar. El barco, lo mismo que la organización, se construyeron para avanzar a otro puerto seguro que se asemeja al objetivo. Un buen capitán, lo mismo que un buen gerente, sabe que el éxito de su misión va a depender en gran parte del mantenimiento del barco, de la tripulación que lo va a acompañar, de un abastecimiento suficiente en el puerto de partida y de la ruta escogida. El capitán del barco tiene claro que durante la navegación es importante conservar una alta moral en su tripulación. Esta moral va a ser



la energía que logrará el triunfo en los momentos difíciles de tormenta y de oleaje.

Quizás uno de los estudios que más afectaron las tendencias de la administración, fue el publicado por los prof. Peters y Waterman a mediados de Octubre de 1.982 bajo el título "In Search of Excellence". En éste, luego de haber analizado una cantidad apreciable de empresas que habían logrado un buen nivel de excelencia durante un lapso de tiempo importante, se concluyó que más que existir una teoría generalizada para lograr el éxito, éste dependía de aspectos personalizados como pueden ser el sentimiento hacia una Empresa, los valores de las personas que componen una Organización, el estilo de gerencia, la agenda, el tributo a la tradición, la historia, etc..

Después del estudio mencionado anteriormente, se inició una nueva tendencia en búsqueda de atenuar el problema sentido por los directivos en la motivación del grupo de colaboradores. Acá vale la pena recordar cómo

los estudios sobre motivación realizados por sociólogos, psicólogos y administradores, p.ej. Max Weber, Alderfer, McClelland sobre necesidades; Herzberg sobre factores higiénicos y factores motivadores; V. Vroom sobre la teoría de las expectativas, etc; ayudaron a entender la motivación del individuo en el trabajo, pero no resuelven el problema que se les presenta a los gerentes al tratar de motivar la Organización que dirigen vista como un todo.

No es fácil comprender el comportamiento individual y más complejo resulta hacerlo para el grupo. La comparación es una de las principales dificultades en la motivación; por ejemplo un individuo puede recibir una bonificación de su jefe al haber producido un esfuerzo mayor que redundó en logros positivos. Inicialmente el individuo pudo motivarse por haber obtenido la bonificación (por supuesto también el logro), sin embargo, si descubre que a su compañero de trabajo, quien también había alcanzado logros similares,

se le reconoció una mayor bonificación; esta referencia podría ser fácilmente causal de desmotivación.

Uno de los principales conceptos que se generaron y concientizaron con la investigación realizada por los prof. Peters y Waterman en "In Search of Excellence", fue el de la Cultura Corporativa o Cultura Organizacional. Este concepto fue especialmente estudiado y observado por el prof. Edgar H. Schein (M.I.T.), en su libro titulado Organizational Culture and Lea-

dership. En este libro el prof. Schein explica la Cultura Corporativa como el conjunto de sentimientos, historia, valores, principios, agenda, etc. que hace que una Organización sea diferente a otra. En otras palabras se podría entender como la tarjeta de identidad de una Organización. Al revisar la anterior explicación se podría deducir que la Cultura Empresarial la crean las personas, y si aceptamos que entre los grupos de personas existen algunas que tienen más capacidad de influencia que otras, podríamos concluir que los principales creadores de la cultura en una Empresa son los Líderes.

Con la aparición de las teorías japonesas, iniciando por la teoría Z, propuesta por el profesor Ouchi y terminando con los hoy bastante aplicados métodos de Control de la Calidad Total, vemos cómo las empresas se han venido comprometiendo en programas a mediano y largo plazo que implican un cambio sustancial de su cultura corporativa.

Al revisar nuevamente el concepto de cultura corporativa, se deduce que esta involucra factores propios del medio y un tributo a la historia que la Empresa ha venido forjando con esfuerzo a través del tiempo. El pasado de esta no debe ser obstáculo para el proceso normal de modernización, ni para un plan que implique cambios futuros. La experiencia de ella debería servir como soporte moral de los miembros de la Organización. Pienso que el involucrar cambios basados en experiencia de otras industrias que se desarrollan en medios sociales en nada parecidos al nuestro, puede con el tiempo traer consecuencias poco halagadoras. La cultura de una Entidad no se forma a corto plazo, ya que es un proceso que trae consigo épocas de difícil supervivencia, triunfos y celebraciones. Esos momentos son precisamente los que van forjando un sentimiento de orgullo hacia un nombre, un "logo" y un "slogan".

Sin embargo lo anterior no significa que en la medida que aparezcan nuevas teorías, se deban desaprove-



**plinio navarro
y cia. ltda.**

ingenieros

s.c.i.

**instalaciones hidráulicas, sanitarias,
vapor y gases.**

acueductos y alcantarillados.

**carrera 43.A no. 21-35 Int: 4 .
tel: 2-682311 fax: 2695391
santafé de bogotá - colombia**



char las novedades y mensajes que traen consigo. Un gerente no debería comprometer a su empresa en programas a medio y largo plazo que involucren cambios sustanciales, sin antes haber clarificado los resultados fijados como metas. Hay que considerar que cada Organización debe adaptar la planeación a su cultura, ya que a ella igual que las personas, nunca podrá ser copiada. Cuando un programa de Calidad total, no da resultados satisfactorios a lo largo del tiempo (situación ya presentada en no pocas empresas), puede generar altos niveles de desmotivación en los miembros que la componen.

Uno de los principales peligros que han traído consigo las últimas teorías de administración, es que implican grandes niveles de participación. Como diría el profesor David Guest (L.S.E), "la primera condición para generar altos niveles de participación, es

lograr altos niveles de responsabilidad". Por eso antes de iniciar un programa participativo, es conveniente responder lo siguiente:

1. Cómo se definiría claramente la Cultura de la Empresa?.
2. Está realmente comprometida la alta gerencia con el nuevo programa?.
3. Con qué niveles de educación cuentan los trabajadores?.
4. Qué tanto pesa el sindicato (si existe), en la implementación de un programa?.
5. Existen condiciones apropiadas para escoger y rocar personas que psicológicamente logren adaptarse a un programa de este tipo?.
6. Qué estabilidad ofrece el medio
7. Qué tanto influyen los líderes naturales dentro de la Organización?.

Después de responder estas preguntas sería prudente recapacitar sobre el objeto social que tiene la Empresa. Esto con el fin de decidir en forma simple y objetiva sobre el plan que debo seguir. Es importante recordar que la administración no solo es ciencia sino también es arte. El mejor arte se desarrolla a través de la autenticidad y por ende de la creatividad.

Quizá el principal mensaje que dejarán estas teorías modernas de administración, es que en el futuro, el proceso de influencia no debe ser considerado como algo que ejerce un individuo. El liderazgo que está naciendo es el ejercido por grupos de personas. Esto implica una fusión de las necesidades individuales con las del grupo, para lograr metas en una forma definitivamente más eficiente.

UN A SE

asegurese de
Hacer parte de la

UNION

Obtenga la Calidad
y Experiencia de los Mejores.



Cra. 37 No. 30 - 20 Teléfono 269 65 11 Santafé de Bogotá D.C.



IMPACTO DE LOS DERRAMES DE PETROLEO EN COLOMBIA

Por: Gerardo Viña Vizcaino

Biólogo Universidad Jorge Tadeo Lozano. Departamento de Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Control Ambiental. BP Exploration Company (Colombia) Ltd.



INTRODUCCION

La historia de los derrames de petróleo en Colombia, si bien data desde los inicios de la actividad petrolera en el país, no viene siendo documentada sino desde 1982, cuando se esbozó el primer plan de contingencia, que correspondió a la refinería de Cartagena y en particular al terminal Nestor Pineda de la misma.

Con el descubrimiento de los campos petroleros de Caño Limón por parte de Occidental en 1984, el manejo ambiental de las actividades petroleras adquirió niveles relevantes por cuanto que a partir del desarrollo de éste, se dió inicio a la conceptualización de planes de contingencia con funciones ampliamente operativas y de respues-

ta apropiadas al marco de funcionamiento de este tipo de proyectos, lo cual permitió el surgimiento de modelos de planes de eficiencia comprobada.

Infelizmente, dadas las características socio-económicas del país y las circunstancias sociopolíticas que lo envuelven, en todos los proyectos petroleros que se vienen desarrollando ha surgido una variable adicional a las comúnmente consideradas dentro del marco de los planes de contingencia, cual es la variable terrorismo, que en el período de 1986 a 1991, ha generado el 96% de los eventos de derrames de petróleo registrados, asignándosele el 4% restante a eventos de tipo operacional y/o natural, que corresponden en realidad, en conjunción con eventos operativos, a las variables para las cuales se diseñan los planes referidos.

Vale anotar que los derrames de petróleo que se han sucedido en los años mencionados, corresponden a cuatro veces la cantidad de petróleo derramado en el evento del "EXXON VALDEZ", ocurrido en las costas de Alaska el 24 de marzo de 1989 (Leschine, 1990) que corresponde a uno de los accidentes puntuales con contaminación extendida mas grande de que se tenga noticia hasta la fecha, con volúmenes de petróleo derramado cercanos a los 240.000 barriles.

A este respecto, y como una muestra de los planteamientos hechos, solamente en el oleoducto Caño Limón-Coveñas, en el período comprendido entre enero de 1986 y diciembre de 1991, se reportaron alrededor de 193 atentados dinamiteros, los cuales ocasionaron el derrame de 805.922 barriles de petróleo crudo (ECOPETROL DCC,1991), lo que representa un promedio de 4178 barriles

derramados por atentado (Figura 1) Paralelamente durante 1991, el oleoducto Transandino fue objeto de 13 atentados contra la línea y algunas baterías de producción en Orito, generándose derrames con volúmenes cercanos a los 30.000 barriles, los cuales corresponden a prácticamente dos días de producción, esto sin mencionar los recesos en producción al considerar que las estructuras de los pozos fueron averiadas, generándose mayores consecuencias en contra de la producción (ECOPE-TROL DIN, 1992).

AÑO	NUMERO DE ATENTADOS	VOL. PETROLEO DERRAMADO	COSTO DESCONTAMINACION EN PESOS
1986	23	108.618 bls.	\$ 336'210.000.00
1987	11	11.048 bls.	\$ 46'096.000.00
1988	50	326.396 bls.	\$ 1.807'356.000.00
1989	29	83.614 bls.	\$ 67'624.000.00
1990	23	100.030 bls.	\$ 1.161'376.000.00
1991	58	176.216 bls.	\$ 2.172'200.000.00
TOTAL	194	805.922 bls.	\$ 6.190'862.000.00

Fig. 1 INFORMACION ATENTADOS OLEODUCTO

CAÑO LIMON - COVEÑAS.



Si se considera que los únicos oleoductos dinamitados en el país no son el Caño Limón-Coveñas y el Transandino entre Orito y Tumaco, sino que otros de la red del Distrito de Oleoductos como el Ayacucho-Coveñas o el Ayacucho-Barrancabermeja se han visto afectados por las acciones terroristas, sin que se disponga de cifras exactas acerca de los volúmenes perdidos, se puede concluir que el panorama al respecto no es alentador, máxime si se considera que aun cuando al momento existen numerosos documentos propuestos como planes de contingencia, el único plan realmente implementado y operativo de que dispone el país para su red de oleoductos es el del Oleoducto Caño Limón-Coveñas.

2. AREAS AFECTADAS

Para todos los casos, los ecosistemas más afectados o involucrados con los derrames de petróleo corresponden a los hídricos, y en especial los cuerpos de agua lénticos (como las ciénagas) o los de poco flujo como es el caso de arroyos y caños de bajo caudal.

En ese sentido, a nivel de la geografía nacional, las áreas afectadas por los derrames de petróleo se ubican preferentemente en la llanura Araucana, a la altura de su cuenca alta, en la región de la cuenca del río Catatumbo, que se caracteriza por ser abrupta y muy rica en arroyos, quebradas y ríos tributarios, en la llanura del valle medio y medio bajo del río Magdalena (Departamentos de Santander, Cesar y Sucre principalmente) y en los departamentos de Putumayo y Nariño, en donde la condición montañosa y abrupta de los terrenos ha impedido una acción de control de los derrames de petróleo, realmente efectiva (Figura 2).

Es menester destacar que si bien es cierto que en la mayoría de los casos los derrames de petróleo se asocian con cuerpos de agua, éstos ocurren inicialmente en zonas terrestres, llegando a las aguas por efecto del drenaje natural de los terrenos. En este

recorrido, en muchos casos han ocurrido efectos detrimentales a nivel de los suelos de uso pecuario por reducción de la capacidad productiva de los mismos, no contándose al momento con información acerca de la magnitud de estos efectos, por razón de lo reducido del espacio proporcional y lo aislado de los territorios afectados, comparativamente con otras regiones altamente productivas en un sentido agrícola.

A pesar de lo anterior, el cálculo estimado de los terrenos eventualmente afectados por acción de los diversos y cuantiosos derrames de petróleo en lo que al oleoducto Caño Limón-Coveñas se refiere, puede acercarse aunque con reservas a unas 3500 ha., la mayoría de ellas con destinación y dedicación casi que exclusiva a la ganadería extensiva. Para los demás

los mismos es proporcional a la cuenca y/o cuerpo de agua, variando en función de las características lénticas o lólicas particulares a cada uno.

A este respecto, para la llanura Araucana los derrames han llegado a extenderse mas de 120 kms por el río cuando han involucrado su cauce en forma directa, mientras que para los casos de derrame en las zonas de esteros y zurales, la extensión alcanzada por las manchas no ha superado la dimensión de los mismos, que comprende en forma global unas 300 ha. correspondiendo a este caso el 70% de los incidentes.

A nivel de la cuenca del Catatumbo, en la mayoría de los casos los derrames han alcanzado cuerpos de agua mayores como son el río Sardinata, el Tarra y el Catatumbo propiamente, lo cual originó por la

AREA	RIOS	CAÑOS	CIENAGAS	TERRENOS
CUENCA	(kms)	(kms)	(has)	(has)
Arauca	120	45	300	700
Catatumbo	180	30	—	300
Magdalena	40	150	1000	2500
Putumayo	60*	—	—	—
Casanare	—	25*	300*	—
TOTAL	400	250	1600	3500

*Valores supuestos con base en consultas regionales

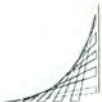
Fig.2 UBICACION DE LAS ZONAS AFECTADAS POR DERRAMES DE PETROLEO DEL PAIS, POR AREA Y CUENCA PRINCIPAL.

oleoductos del país y en especial para el oleoducto Transandino, esta estimación resulta siendo sesgada debido a que al ocurrir los atentados dinamiteros y los respectivos derrames, el crudo drena generalmente ladera abajo en las zonas montañosas, dificultando la estimación respectiva, y así mismo, en muchas ocasiones no se cuantifica por la dificultad para el acceso a las áreas afectadas.

En lo atinente a los cuerpos de agua afectados por los derrames de petróleo, la extensión e incidencia de

altadinámica de estos ríos, expansiones de las manchas de hasta 180 kms, involucrando inclusive a territorio Venezolano en la planicie Zuliana, en donde la colaboración de la empresa Petróleos de Venezuela S.A. ha sido fundamental para el control de la situación de riesgo surgida.

En lo atinente a la llanura del Magdalena, que es en donde se han presentado los derrames con mayor problemática en cuanto al control y manejo de los mismos, la ex-



pansión del crudo ha comprometido hasta 1000 ha. de cuerpos de agua lénticos (ciénagas), cerca de 40 km de ríos secundarios como el Simañá y unos 150 km de caños y arroyos secundarios o de invierno, en donde la contaminación de aguas freáticas y subterráneas adquiere una mayor relevancia que la de los cuerpos de agua superficiales.

3. EFECTOS AMBIENTALES DE LOS DERRAMES DE PETROLEO

Las consecuencias ambientales derivadas de los derrames de petróleo presentan características diferenciales dependiendo del lugar en donde éstos ocurran, así como de las propiedades y aspectos relativos al tipo de producto vertido.

En ese sentido, el crudo en un cuerpo de agua altera el intercambio gaseoso atmósfera-agua, limitando todos los procesos que de allí se derivan y que en esencia se traducen en el soporte de la vida acuática. Una vez se ha limitado el intercambio respectivo, por causa de los procesos de degradación natural propios de cada ecosistema, se aumenta el consumo de oxígeno, con lo cual se ve limitada la vida acuática (George et al, 1991).

Sin embargo, las circunstancias que envuelven estos procesos varían

dependiendo del cuerpo de agua afectado, por cuanto mientras en un río turbulento la expansión es más rápida y en consecuencia ocurre igual con los procesos de dilución y degradación (Viña y Mojica, 1991), no sucede lo mismo en una ciénaga, en donde los efectos terminan siendo más nocivos por el poco intercambio de agua y la mayor drasticidad de las condiciones ambientales, ante el alto espectro de variación con ocasión de los cambios climáticos.

Consecuentemente con lo anterior, es de esperarse que los efectos derivados de los derrames a nivel de la biota

sean más severos en aquellos lugares en donde la capacidad de intercambio de aguas es altamente limitada y así mismo su circulación (Viña et al, 1991).

dependiendo del cuerpo de agua afectado, por cuanto mientras en un río turbulento la expansión es más rápida y en consecuencia ocurre igual con los procesos de dilución y degradación (Viña y Mojica, 1991), no sucede lo mismo en una ciénaga, en donde los efectos terminan siendo más nocivos por el poco intercambio de agua y la mayor drasticidad de las condiciones ambientales, ante el alto espectro de variación con ocasión de los cambios climáticos.

Vale destacar sin embargo y para todos los casos de derrames en suelos aptos para usos pecuarios y cuerpos de agua superficiales y subterráneas, que la estrategia aconsejable debe ser la de recolectar el contaminante hasta donde la técnica lo permita y a partir de esto, desarrollar programas de restauración de los ecosistemas, considerando en cada caso en particular su capacidad ambiental, y asignando niveles de importancia en donde lo primordial debe ser el salvaguardar las condiciones de vida de los habitantes.

Como un segundo nivel de importancia, muy relacionado con lo anterior, se deben desarrollar los procesos que faciliten la recuperación del medio natural, normalizando las condiciones de vida del mismo, para finalmente atender las

necesidades relativas al resurgimiento de los grupos de especies animales y vegetales que hubiesen sido sensiblemente afectadas, anteponiendo el hecho de que mientras se pueda recuperar el estado del "habítaculo de los organismos", este podrá ser repoblado por congéneres de aquellos que otrora allí se desarrollaron.

4. IMPACTO SOCIOECONOMICO

Establecer con precisión las pérdidas derivadas de los derrames de petróleo a nivel nacional al presente es difícil, considerando el hecho de que si bien en algunos casos está debidamente documentado cada caso, para muchos de ellos solo se conoce el volumen de petróleo derramado y el costo de reparación de las instalaciones físicas, pero no así el de la limpieza de

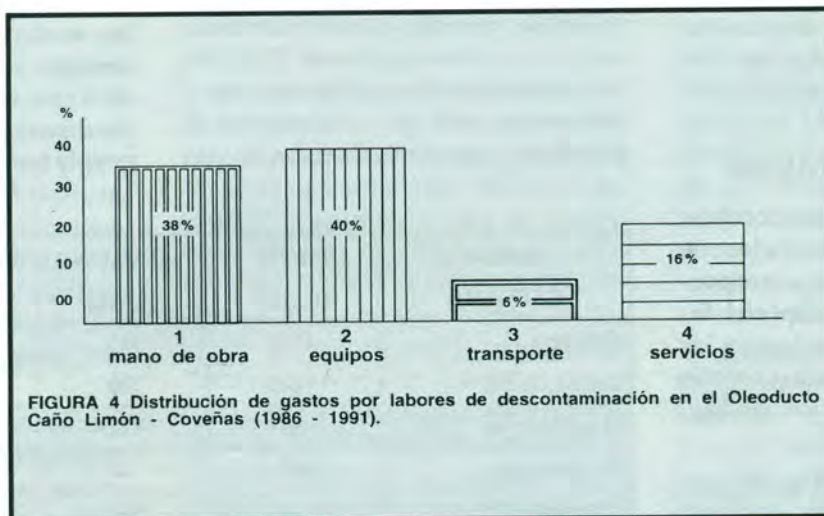


FIGURA 4 Distribución de gastos por labores de descontaminación en el Oleoducto Caño Limón - Coveñas (1986 - 1991).

sean más severos en aquellos lugares en donde la capacidad de intercambio de aguas es altamente limitada y así mismo su circulación (Viña et al, 1991).

Sin embargo, el efecto siempre será proporcional a las caracterís-

COSTO DE PETROLEO DERRAMADO	\$ 5.056.000.000
COSTO REPARACION OLEODUCTO	\$ 3.684.000.000
COSTO LABORES DESCONTAMINACION	\$ 6.190.000.000
VALOR REGALIAS NO CAUSADAS	\$ 32.344.000.000
VALOR PETROLEO NO PRODUCIDO	\$ 149.370.000.000
TOTAL	\$ 196.644.000.000

*Considerado como pérdida relativa.

Fig.3 COSTO ECONOMICO POR ATENTADOS AL OLEODUCTO CAÑO LIMON-COVEÑAS ENTRE ENERO DE 1986 Y DICIEMBRE DE 1991



las zonas afectadas y las consecuencias ambientales como tal.

Empero, las cifras existentes para el caso del oleoducto Caño LimónCoveñas pueden dar una idea aproximada de la magnitud de las cifras desde un punto de vista eminentemente financiero, más aún si se atiende al hecho de que los derrames generados por terrorismo contra este oleoducto han demandado cerca del 90% de los gastos en que ha incurrido la industria del petróleo por este concepto, considerando el volumen y tamaño de las operaciones en particular.

Desde ese punto de vista, las pérdidas directas derivadas de los atentados han sido, en el período comprendido entre enero de 1986 y diciembre de 1991 de aproximadamente 15.000.00 millones de pesos, de los cuales el 33.9% corresponde al costo del crudo derramado, el 24.7% a la reparación de instalaciones y el 41.4% restante a

las labores de descontaminación de las áreas afectadas.

Además, el grupo más afectado financieramente por causa de estos atentados contra la red de oleoductos del país es en primera instancia el gobierno nacional que ha asumido las pérdidas inherentes al petróleo dejado de producir, traducidas en un lucro cesante debido al cese temporal de las operaciones de extracción y transporte, en el incumplimiento de unas cuotas de exportación pactadas dentro del concepto del mercado de futuros y en la falta de volúmenes de petróleo requeridos para satisfacer la demanda nacional.

Por otro lado, el departamento de Arauca en particular ha dejado de recibir regalías por \$32.344.00 millones de pesos en estos seis años y las compañías de seguros se han visto obligadas a responder con parte de los costos inherentes a los daños contra la infraestructura, cifras estas que son en-

globadas dentro del valor del petróleo dejado de producir y que asciende aproximadamente a los \$ 149.370.00 millones de pesos, considerando para cada año en particular, el valor de cotización medio del dólar con respecto a nuestra moneda.

A nivel regional, si bien es cierto que mientras se sucedieron los derrames pudo haber recesión con respecto a las actividades económicas propias de cada región y zona en particular, con reducción en lo que a los volúmenes de la actividad pecuaria y la pesca se refiere, por otro lado, en las zonas de influencia de los derrames el producto interno regional creció proporcionalmente con los atentados, al aumentar el nivel de empleo temporalmente y por consiguiente el índice de precios al consumidor, más aún si se considera que los lugares donde han ocurrido los atentados, en la mayoría de los casos corresponden a regiones de tipo marginal en cuanto a atención



ConConcreto S.A.

MEDELLIN

Cra. 42 N° 75-125 (Itagüí) Autopista Sur
A.A. 177 (Medellín)
Conmutador: 281 29 77
Fax: (94) 372 08 57

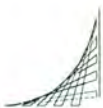
SANTAFE DE BOGOTA

Cra. 6ª N° 115-65 Of. 308
A.A. 21702
Teléfonos: 214 13 33 / 44
Fax: (91) 214 63 33

CALI

Av. 5B Norte N° 24N-60
A.A. 10845
Conmutador: 672 434
Fax: (923) 617 898

**CONSTRUYENDO
FUTURO
CON SENTIDO HUMANO**



por parte del estado y oferta de servicios básicos se refiere.

Para corroborar los anteriores planteamientos, bastaría con mencionar el hecho de que de los \$ 9.900.00 millones de pesos gastados con ocasión de los trabajos de reparación de los ductos, control de los derrames y descontaminación de los lugares afectados por causa de los atentados, el 38% ha sido dirigido al pago de mano de obra local, con salarios de tipo petrolero que equivalen al 250% del salario rural de las regiones aludidas para todos los casos, y un 16% a los pagos por concepto de insumos y servicios varios, los cuales se efectúan generalmente a proveedores locales (1). (figura 4)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando los planteamientos presentados, es claro que el efecto ambiental derivado de los derrames de petróleo por atentados contra la red de oleoductos del país es inferior al que pueden presentar otras actividades petroleras como son la refinación y la petroquímica, las cuales pueden generar vertimientos de tipo continuo que demandan una atención de tipo preferencial, por el efecto acumulativo de los contaminantes, el cual observa un comportamiento con crecimiento de la problemática de tipo exponencial tanto en el tiempo como en el espacio.

Dado que el número de derrames que se suceden en el país es superior al mencionado en el presente documento e involucran causas diversas en donde la principal corresponde a las acciones terroristas, es importante que las leyes y regulaciones dirigidas al control de la contaminación y las entidades rectoras y fiscalizadoras de las mismas, consideren la obligatoriedad por parte de los responsables de las operaciones, de reportar los diferentes sucesos relacionados con vertimientos y derrames de hidrocarburos, así como la necesidad de implementar mecanismos de respuesta eficientes, dentro de los límites de la tecnología hasta la fecha desarrollada, con el objeto de mitigar los efectos enunciados e im-

plementar unos canales y niveles de información acorde con las verdaderas necesidades regionales y nacionales.

De otro lado, la metodología aplicable para mitigar los efectos económicos derivados de los derrames de petróleo debe contemplar dos facetas como son, de un lado la que se refiere a la recuperación de los costos generados por las labores de descontaminación, los cuales podrían obtenerse mediante un manejo concertado con el sistema de seguros a nivel internacional, en razón a que los costos financieros por pagos en moneda nacional son bajos frente a las devoluciones generadas en dólares. De otro lado, el número de derrames de petróleo ocasionados por las acciones terroristas podría disminuirse con la puesta en marcha de políticas sectoriales de aumento de tasas "ad-valorem" de los hidrocarburos a nivel local, a fin de cubrir los costos de descontaminación generados por éstos.

Adicionalmente, el hecho de transformar los sistemas de contratación de personal, con el objeto de reducir el ingreso "per cápita" de los trabajadores que intervienen en las labores de descontaminación, equiparándolo a los salarios regionales, podría contribuir altamente al desestímulo en cuanto a la participación en las actividades referidas con consecuencias favorables para las regiones afectadas, traducidas en una estabilidad de la actividad económica, un nivel de precios acorde con los ingresos medios de la población y disminución sensible de problemas surgidos por efecto de procesos contaminantes sobre el suelo y las aguas.

En lo que respecta a la mitigación de los efectos sobre el medio natural, debe anteponerse el hecho de que la mejor manera de disminuir los mismos surge de la prevención, labor esta que se puede desarrollar a partir de la ejecución de una serie de estudios que permitan conocer las diferentes regiones de influencia de un proyecto previamente a su ejecución, con lo cual se podrían seleccionar los corredores

mas apropiados para el montaje de los mismos, considerando integralmente los marcos ambientales y socioeconómicos propios de cada región en particular.

Adicional a lo anterior, si se antepone el hecho de que por tradición los grandes desarrollos petroleros del país se han dado en regiones de tipo marginal, en donde la oferta económica es restringida y así mismo la calidad de los servicios a la población, se hace imperioso el hecho de que se incluya dentro del marco de desarrollo de cualquier proyecto en particular, la gestión comunitaria, como base para el desarrollo regional, sin que esta actividad implique la suplantación por parte de los ejecutores de los proyectos, de las funciones atribuidas a los entes gubernamentales de carácter regional, sino que signifique por el contrario un mecanismo de dirección y orientación para las ejecutorias, a fin de involucrar de una manera acorde con las posibilidades reales y dentro de un marco eminentemente técnico, a la población de las regiones referidas. □

BIBLIOGRAFIA

- Ecopetrol DCC, 1991. Informe anual actividades. Empresa Colombiana de Petróleos, Distrito Caño Limón - Coveñas, Cúcuta (Norte de Santander).
- Ecopetrol DIS, 1991. Informe anual de actividades. Empresa Colombiana de Petróleos, Distrito Sur, Orito (Putumayo).
- George, J., Viña, G., Ramírez, A., Mojica, J.I., 1991. Manual de métodos de monitoreo biológico con aplicación en la industria del petróleo (componente acuático). Ecopetrol DCC - DIT, Bogotá.
- Leschine, T.M., 1990. Oil spill safety in the wake of the EXXON VALDEZ: How safe are Washington's waters?. The Northwest Environmental Journal, 6:85-104.
- Viña, G., Mojica, J.I., 1991. Ictiología del río Catatumbo y su relación con los derrames de petróleo por atentados al oleoducto Caño Limón-Coveñas. Informe técnico Ecopetrol DCC, Cúcuta.
- Viña G., Ramírez, A., Lamprea, L., Garzón, B., Schmidt, U., Rondón, E., Florez, C., 1991. Ecología de la ciénaga de Zapato y su relación con un derrame de petróleo. Informe técnico Ecopetrol DCC, Cúcuta.